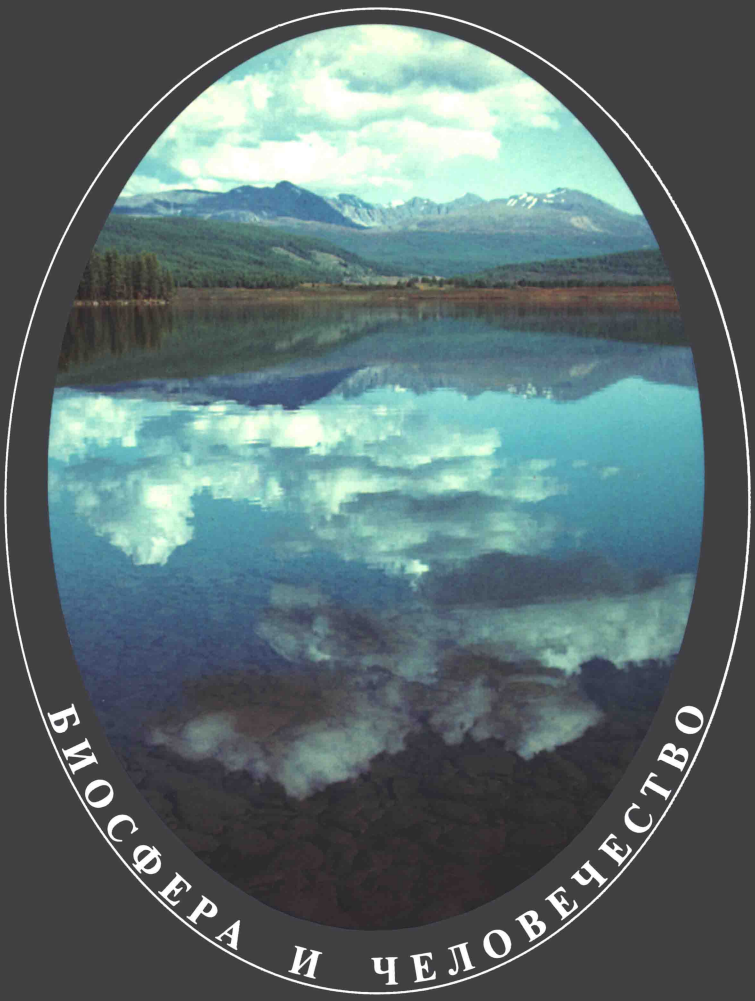
А.Н. Тюрюканов, В.М. Федоров



Н.В. Тимофеев-Ресовский: БИОСФЕРНЫЕ РАЗДУМЬЯ

Академия естественных наук
Российской Федерации
Ассоциация «Космонавтика — Человечеству»

А. Н. Тюрюканов, В. М. Федоров

Н. В. ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ: БИОСФЕРНЫЕ РАЗДУМЬЯ

Москва
1996

Академия естественных наук Российской Федерации
Ассоциация «Космонавтика – Человечеству»

Авторы выражают благодарность Гензелю Вртанесовичу Гегамяну и Альберту Николаевичу Никитину за помощь в издании этой книги

Тюрюканов А.Н., Федоров В.М.
Н. В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. - М., 1996. - 368 с.

ISBN 5 - 86917 - 011 - 7

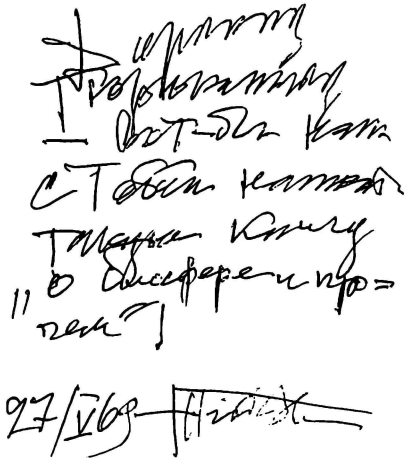
Русского биолога и генетика Николая Тимофеева-Ресовского боготворили одни и ненавидели другие, называя «мухолюбом-человеконенавистником» и обвиняя в опытах на людях. О нем писали романы и на него писали доносы. Он глубоко и молчаливо любил Россию, но стал «невозвращенцем». Студентом он обсуждал с Петром Кропоткиным вопросы свободы личности от государства, а несколько десятилетий спустя на себе ощутил властную длань большевистского государства в советском концлагере...

Но наша книга – не только об удивительной биографии Тимофеева-Ресовского. Она предложит читателю его избранные труды и расскажет о его научной концепции, о том, как он, твердый последователь В. И. Вернадского, первым в наше время поставил поистине глобальную для Земли проблему «Биосфера и Человечество», и когда только-только начались опыты с мирным и немирным атомом, первым же прозрел опасность этих опытов и забил тревогу по поводу влияния радиоизотопов на наследственность человека.

Книга наша адресована студентам, преподавателям, и всем, кого волнует судьба планеты Земля.

© А. Н. Тюрюканов, В. М. Федоров, А. Е. Андреева

Н. В. Тимофеев-Ресовский (справа) и А. Н. Тюрюканов
1960 г.



Дорогой Тюрюканыч,
вот бы нам с тобой написать такую книгу
"о биосфере и прочем"!
27/V69 Н. Тимофеев

(Дарственная надпись Н. В. Тимофеева-Ресовского на титуле книги «Краткий очерк теории эволюции»)

Анатолий Никифорович Тюрюканов – ведущий ученый страны в области охраны почв и биогеоценологии, действительный член Академии естественных наук РФ, доктор биологических наук, профессор. Выпускник Московского университета им. М. В. Ломоносова. Ученик Н. В. Тимофеева-Ресовского, творческая дружба их длилась четверть века.

А. Н. Тюрюканов известен своими работами в различных областях биосферных знаний, включая почвоведение, биогеохимию, радиобиологию, биогеоценологию, охрану природы.

А. Н. Тюрюканов опубликовал около 200 научных работ, в том числе монографии «Черные слитые почвы Евразии», «Ополья Центральной России и их почвы», «Микроэлементы в почвах Советского Союза» (в соавторстве), «Биосфера и человечество», а также научно-популярную книгу «О чем говорят и молчат почвы», вызвавшую большой интерес у читателей.

Винцент Моисеевич Федоров – академик Академии естественных наук РФ, доктор философских наук, профессор философского факультета Московского университета им. М. В. Ломоносова. Первое образование – биологическое (биолого-почвенный факультет МГУ, кафедра высшей нервной деятельности), второе – философское (философский факультет МГУ).

Автор монографий «Синтетические тенденции в современном естествознании», «Учение о биосфере и интеграция наук», «Биосфера – земледелие – Человечество».

А. Н. Тюрюканова и В. М. Федорова связывает многолетнее и плодотворное творческое содружество.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Главная тема книги, которую я имею честь представлять, – проблема «Биосфера и Человечество». Именно так эта проблема была сформулирована выдающимся русским ученым Николаем Владимировичем Тимофеевым-Ресовским и рассматривалась им как основная научная проблема XXI века.

Книга построена довольно необычно. В ней авторские главы сочетаются со статьями Н. В. Тимофеева-Ресовского, как бы дополняя друг друга.

В этой оригинальной структуре книги воплощается один из заветов В. И. Вернадского. Тот или иной ученый, в течение жизни развивая свою линию в науке, публикует статьи в разных, иногда неожиданных, изданиях, статьях, журналах, и потому очень трудно, а иногда и невозможно проследить генеральную линию его мышления. Поэтому крайне важно, писал В. И. Вернадский, издавать, если это возможно, монографическое собрание его статей. Именно этот завет выполнили авторы, поместив в книге все работы Тимофеева-Ресовского, относящиеся к проблеме «Биосфера и Человечество». К сожалению, Николай Владимирович мало написал, он больше «мыслил вслух», но, благодаря одному из авторов, многие его раздумья в этой книге доносятся до нас.

Авторские главы в этой книге – не введение к статьям Н.В. Тимофеева-Ресовского и не их комментарий. В них рождаются и развиваются новые идеи, навеянные трудами В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева и особенно Н. В. Тимофеева-Ресовского.

Авторы обращаются к последнему периоду жизни и творчества Николая Владимировича, когда его мощный научный потенциал, подкрепленный огромным опытом научных исследований, начинает концентрироваться на проблеме «Биосфера и Человечество». Формулировка и исследование этой проблемы поставила Николая Владимировича в ряд великих представителей русской национальной естественноисторической мысли. Своими трудами, созданием радиационной биологии он подвел важнейший итог столетнему развитию докучаевской школы в естествознании, сформировавшей учение о биосфере-ноосфере.

Современный этап развития общества связан с активным освоением человечеством биосферы, земных и космических процессов, что обуславливает потребность в глобальном управлении взаимодействием земной и космической природы.

Концепция В. И. Вернадского о ноосфере является предпосылкой осуществления космического этапа в развитии человечества, в истории планеты Земля, который наступает как закономерный результат «грандиозного природного процесса» – «роста научного знания и социального труда цивилизованного человечества», «новой геологической, сознательно направляемой силы» преобразования биосферы в ноосферу (Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988).

Учение о биосфере создавалось Личностями, у которых работа интеллекта шла в унисон с «работой души», темперамент борца сочетался с чутким откликом на «зов природы», каждое научное наблюдение или эксперимент рассматривался с позиции крупных (геологических) масштабов времени развития природы. Такие Личности живут в особой – биосферной – стихии мышления. Таким предстает на страницах книги Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Не случайно книга названа «Биосферные раздумья». Теоретический подход «Зубра» к изучению взаимодействия человечества с биосферой позволил обнаружить ключ к новому синтезу – принципу биохорологических единиц биосферы. Это его выдающаяся заслуга. Н. В. Тимофеев-Ресовский с особым вниманием указал на важность научных работ о радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями. Он особое значение придавал изучению организованности биосферных систем, о которой говорил В. И. Вернадский.

Один из авторов – А. Н. Тюрюканов – прожил с Николаем Владимировичем, как говорят, душа в душу, почти весь «легальный» советский период его жизни и творчества. За эти четверть века совместных раздумий и работ многократно обсуждались различные аспекты учения о биосфере, биогеоценологии, геохимии ландшафтов и в особенности радиационной биогеоценологии. Авторы выполнили желание Николая Владимировича – написать книгу «о биосфере и прочем» (см. факсимильное воспроизведение автографа Н. В. Тимофеева-Ресовского на книге «Краткий очерк теории эволюции», подаренной им А. Н. Тюрюканову).

В этом видится одна из исторических особенностей продолжения авторами традиций русского космизма, основоположниками которого стали М. В. Ломоносов, В. В. Одоевский, Н. А. Морозов, Н. Ф. Федоров, Я. А. Умов, К. Э. Циолковский, А. Л. Чижевский, В. В. Докучаев, В. И. Вернадский, П. А. Флоренский и в этом ряду Н. В. Тимофеев-Ресовский, заложивший пути поиска новой методологической основы освоения проблемы ноокосмогенеза и будущего человечества.

Действительный член Академии естественных наук РФ
Генеральный директор Ассоциации «Космонавтика – Человечеству»
А. Н. Никитин

От авторов

Эта книга о великом русском ученом, чья судьба уникальна. Он сын золотого XIX века и жертва сумасшедшего XX века. Рюрикович по происхождению, физически и психически нормальный, даже сильный человек, он прожил жизнь, которая на любимых им графиках смотрится как кардиограмма волн больших амплитуд: то густо – то пусто, то «белые» – то «красные», то гитлеризм – то сталинизм, то международная трибуна – то концлагеря, то доносчики – то чистые друзья, то работа с ярчайшими учеными и учениками – то общение с прихлебателями, то тишина мышления – то громкие триумфальные выступления, – все это досталось на долю великого ученого, сына России.

Авторы могли бы много и эмоционально рассказать о жизни и поведении Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского в общественной и бытовой обстановке, но, следуя «эмпирическому обобщению по Вернадскому», ограничиваются свидетельством, что Н. В. Тимофеев-Ресовский был физически здоров, однолюб по отношению к жене и Родине – России, кроме научной работы, он абсолютно ничем не мог заниматься и очень любил молодежь, к которой его практически никогда не допускали. Он прошел через различные системы, включая тюремные, в которых каждой нечисти хотелось его ударить. Но всегда ударял он первый – голосом, кулаком, интеллектом.

Эта книга о самом сокровенном периоде творчества Н. В. Тимофеева-Ресовского, о том, как он через все мучения и трудности своей любимой Родины нашел в себе силы торжественно-честно служить Отечеству. Если бы послушались Н. В. Тимофеева-Ресовского, Россия, Украина, Белоруссия и весь мир не получили бы Чернобыля. К сожалению, Чернобыль – с нами, живущими на планете, а Вернадский и Тимофеев-Ресовский стали поводырями слепых людей в третье тысячелетие.

Автобиографическая записка Н. В. Тимофеева-Ресовского

Родился в Москве 7 сентября 1900 г. Отец – Владимир Викторович Тимофеев-Ресовский (1850–1913), инженер путей сообщения. Мать – Надежда Николаевна, урожденная Всеволожская (1868–1928).

Учился сперва в Киевской I Императорской Александровской гимназии (1911–1913), а затем в Московской Флеровской гимназии (1914–1917), далее в Московском Свободном университете им. Шанявского (1916–1918) и в Московском государственном университете (1917–1922).

Работал: преподавателем биологии на Пречистенском рабочем факультете в Москве (1920–1925), преподавателем зоологии на Биотехническом факультете Практического института в Москве (1922–1925), асси-

стентом при кафедре зоологии (проф. Н. К. Кольцов) Московского медико-педагогического института (1924–1925) и научным сотрудником Института экспериментальной биологии ГИНЗ (директор проф. Н. К. Кольцов, 1921–1925).

Я, по приглашению Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Forderung der Wissenschaften (Общество содействия наукам кайзера Вильгельма) в Берлине и по рекомендации проф. Н. К. Кольцова и наркомздрава Н. А. Семашко проработал с 1925 по 1936 г. научным сотрудником и заведующим лабораторией при Институте в Берлин-Бухе, а с 1936 по 1945 г. там же в качестве директора отдела генетики и биофизики.

С 1945 по 1955 г. я работал заведующим биофизическим отделом объекта 0211, с 1955 по 1964 г. заведующим отделом радиобиологии и биофизики в Институте биологии УФАН СССР в Свердловске, с 1964 по 1969 г. – заведующим отделом радиобиологии и генетики в Институте медицинской радиологии АМН СССР в г. Обнинске, Калужской обл., а с 1969 г. по настоящее время являюсь консультантом в Институте медико-биологических проблем в г. Москве.

Будучи по образованию и с молодости по интересам зоологом (в частности, зоопланктон, пресноводные рыбы, водные и прибрежные птицы Палеарктики), я с 1920 по 1923 г. занимался гидробиологией среднерусских озер, а с 1922 г. по настоящее время в основном генетикой, биофизикой и эволюционной проблематикой. В области генетики с 1920-х годов преимущественно на дрозофиле занимался феногенетикой, мутационным процессом, популяционной генетикой и разработкой некоторых основ микроэволюционных процессов.

С 30-х и до начала 60-х годов работал по изучению накопления и выделения ряда элементов, преимущественно гидробионтами и наземными растительными организмами, применяя метод меченых атомов (радиоизотопов); центром внимания этих работ было изучение судьбы некоторых элементов в пределах биогеоценозов.

В течение 18 лет (с конца 20-х до середины 40-х годов) мною с небольшой группой сотрудников проводилась систематико-зоогеографическая и экспериментально-генетическая работа по монографическому исследованию внутривидовой изменчивости растительноядной божьей коровки Epilachna chrysomelina F. Это исследование было связано с разработкой процессов микроэволюции.

Из более общих достижений в некоторых областях современного естествознания мне пришлось принять посильное участие в разработке принципов попадания, мишени и усилителя в радиобиологии; в разработке и классификации явлений изменчивости фенотипического проявления в основном последних стадий постэмбрионального развития признаков, определяемых теми или иными мутациями под влиянием генотипической, внешней и «внутренней» среды; в области феногенетики, феноменологии проявления генов и, наконец, в разработке элементарных материалов и факторов микроэволюционного процесса и соотношений между микро- и макроэволюцией.

Теоретическому осмысливанию и упорядочению получаемых в экспериментах и наблюдениях результатов мне очень помогли два обстоятельства. Во-первых, с начала 20-х годов группой С. С. Четверикова в Институте Н. К. Кольцова был организован кружок по совместному обсуж-

дению всех проводимых нами работ и важнейшей литературы по интересующим нас вопросам (вскоре, примерно с 1922 г., с появлением у нас в качестве главного экспериментального объекта – дрозофилы – этот кружок получил прозвище «Дрозсоор»).

В дальнейшем, в течение всей своей жизни, я со своими сотрудниками и ближайшими личными друзьями из других лабораторий всегда организовывал такие же совершенно неформальные и свободные кружки, что очень оживляло научную жизнь и помогало в работе. Во-вторых, большое влияние на общее развитие моих научных интересов и на достижение мною и рядом моих сотрудников достаточной строгости в формулировках необходимейших биологических понятий сыграло счастливое сочетание условий, позволившее мне познакомиться, в ряде случаев навсегда сдружиться и в некоторых случаях научно сотрудничать или консультироваться со многими крупнейшими математиками, физиками, химиками, геологами, географами и биологами, не только в нашем отечестве, но и за границей; в частности, мне посчастливилось принимать участие в ряде семинаров «Круга Нильса Бора» в Копенгагене, а также организовать, совместно с Б. С. Эфрусси (при финансовом содействии Rockfeller Foundation), небольшую (около 20 человек) международную группу физиков, химиков, цитологов, генетиков, биологов и математиков, заинтересованных в обсуждении важнейших проблем теоретической биологии (эта группа собиралась в конце 30-х годов, до начала войны, на симпатичных курортах Дании, Голландии и Бельгии).

14 октября 1977 г.

Действительный член (академик) Германской Академии естествоиспытателей «Леопольдина» в Галле (ГДР);

Почетный член Американской Академии наук и искусств в Бостоне (США);

Почетный член Итальянского общества экспериментальной биологии (Италия);

Почетный член Менделевского общества в Лунде (Швеция);

Почетный член Британского генетического общества в Лидсе (Англия);

Почетный член и член-учредитель ВОГиС им. Н. И. Вавилова (СССР);

Научный член Общества содействия наукам им. Макса Планка (ФРГ);

Действительный член МОИП, Географического общества СССР, Всесоюзного ботанического общества;

Лауреат медалей и премий Лазаро Спалланцани (Италия), Дарвиновской (ГДР), Менделевской (ЧССР), Кимберовской (США), МОИП.

ПОДВИЖНИКИ НУЖНЫ КАК СОЛНЦЕ

Кто из наук решил извлечь доход,
Тот и себя обманет и народ.
Унизившись, чтобы снискать чины,
Свои познания он лишит цены.

Алишер Навои

Обычно история науки рассматривается в двух ракурсах. Первый из них – это понимание *чреды научных открытий* как последовательного углубления научной мысли и построение прогнозов на будущее ее развитие. Второй ракурс – это *история ученых-личностей*, по которым, как по маякам, молодое поколение продолжает великий поиск истины.

Новейшая история науки оказалась в трудном положении – она стала пленницей социальной демагогии и военно-политических амбиций века. Тоталитаризм с его неизбежной подругой – цензурой всегда занимался антинаучной селекцией. Новые перспективные научные направления объявлялись «лженаукой» (генетика, кибернетика), приостанавливалась и сворачивалась их дальнейшая разработка (так случилось с науками о биосфере). Сознательно, тенденциозно искажалась история развития научных идей, концепций, научных школ. Ученые оказались в тисках полицейского репрессивного аппарата. Возник феномен «репрессированной науки». Исчезали имена и книги, идеи и фактический материал. Одни имена (политически благонадежные) гипертрофировались до уровня классиков и гениев, другие, исторически более заслуженные, пребывали в забвении. Постоянно чистились библиотеки, книги подлежали списанию и исчезали по законам инквизиции. А ведь мировая читательская аудитория опирается на так называемый «индекс цитирования». Так по каким же маякам двигаться нашей научной молодежи?

История науки как область знания нуждается в серьезной ревизии. Эту проблему надо решать, помня о «плодах» тоталитаризма. Одним мемориалом здесь не обойтись. Иначе мы никогда не достигнем мирового научного уровня и, что более страшно, потеряем самобытность русской научной мысли.

В этой книге мы обращаемся к личности Н. В. Тимофеева-Ресовского. Это обращение необходимо, чтобы освободить научную

мысль от пагубных наслоений тоталитаризма, чтобы восстановить подлинный ход развития естествознания в нашем веке, утвердить самобытность и возвысить достоинство отечественной научной мысли.

Говорить и писать о своем Учителе – Николае Владимировиче Тимофееве-Ресовском – трудно и ответственно, потому что для этого светлого и мудрого человека не хватает достойных слов, а тем более достойных фраз. Речь идет не о любви или верности (это было и есть), а об уважении к человеку, у которого Родина, История и Наука – и в помыслах и в действиях – сливались в триединое Я.

Он корнями весь русский, сошедший со Среднерусской возвышенности в сумасшедший век низменности, подлости и войн. Нелегкая ему досталась доля: меж двух диктатур – Сталина и Гитлера. Ничто не могло сломить его. Он много сделал и повидал много стран и людей. Он был сильный мужчина, не измельчавший, – о таких мужчинах пел Вертинский. Ему чужда была пошлость во всех ее проявлениях. Всегда, в любых обстоятельствах он вел себя как свободная личность. Независимость суждений, высочайшая духовная культура и фундаментальные научные знания создали Николаю Владимировичу непререкаемый авторитет в мировом научном сообществе.

На Родине научные заслуги Николая Владимировича до недавних лет старательно замалчивались, даже научные его работы вычеркивались из списков научной литературы, а в годы лысенковщины он числился «врагом народа», к тому же занимавшимся «лженаукой» – генетикой. Генетические исследования он проводил на мушке-дрозофиле и потому оказался среди тех, кого проф. А. Н. Студитский поименовал «мухолюбами-человеконенавистниками».

В последние годы о Николае Владимировиче стали писать. Несколько раз переиздавалась книга Д. А. Гранина «Зубр», Е. С. Саканян создала документальную кинотрилогию о Н. В. Тимофееве-Ресовском, в Ереване дважды состоялись Чтения, посвященные памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского (1983 и 1988). В 1989 году вышел сборник научных трудов «Онтогенез, эволюция, биосфера», в котором развиваются идеи, выдвинутые Н. В. Тимофеевым-Ресовским. В 1993 году издательство «Наука» выпустило сборник «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский» в серии «Ученые России. Очерки. Воспоминания. Материалы». И, наконец, в 1995 г. увидели свет воспоминания самого Николая Владимировича, составленные по магнитофонным записям бесед с ним.

В воспоминаниях о Николае Владимировиче его российских и зарубежных коллег доминирует «германский» период его жизни и тюремные годы в СССР. Тому есть свои причины. Это и стремление понять поведение сильной неординарной личности «между двух диктатур», и стремление полностью реабилитировать Н. В. Тимофеева-Ресовского в глазах общественности.

4 июля 1946 года приговором Военной коллегии Верховного Суда СССР Н. В. Тимофеев-Ресовский был признан виновным в том, что, получив в 1937 году предложение возвратиться на Родину, от возвращения отказался и остался проживать в фашистской Германии, продолжая работать в научно-исследовательском отделе Института мозга в Берлин-Бухе. Он стал «невозвращенцем». Кроме того, его обвинили в том, что он неоднократно среди сотрудников высказывался в антисоветском духе по вопросам, «касающимся государственного строя Советского Союза». Н. В. Тимофеева-Ресовского присудили к 10 годам лишения свободы с поражением прав на 5 лет и конфискацией имущества.

В 1987 году ученики Николая Владимировича обратились в Верховный Суд СССР с просьбой о его реабилитации. Дело уже клонилось к положительному решению, но вмешались «доброжелатели», выступив с пасквильными статьями в «Нашем современнике» и в центральных газетах. Реабилитация была отложена. Понадобилась августовская (1991) встряска страны, чтобы наконец-то все встало на свои места и справедливость восторжествовала: 16 октября 1991 года Генеральный прокурор СССР направил в Верховный Суд СССР свой протест, в котором поставил вопрос об отмене приговора Военной коллегии в отношении Н. В.Тимофеева-Ресовского и прекращении уголовного дела за отсутствием состава преступления.

Имя его реабилитировано. Но не до конца пока поняты и оценены его научное творчество, его вклад в мировую науку, его неординарная личность.

Он сразу пошел в науке своим, тяжким, самобытным путем, крестным путем истинного таланта. Еще студентом начал работать научным сотрудником Института экспериментальной биологии, директором которого был Н. К. Кольцов, а после окончания университета – ассистентом кафедры зоологии (заведующий кафедрой Н. К. Кольцов) Московского медико-педагогического института. Уже в это время Николай Владимирович включается в начатые Н. К. Кольцовым и С. С. Четвериковым экспериментально-генетические и эволюционно-генетические исследования.

С 1925 года начинается «германский» период жизни и научного творчества Николая Владимировича. По приглашению Общества кайзера Вильгельма по содействию наукам (Берлин) и по рекомендации Н. К. Кольцова и наркома здравоохранения Н. А. Семашко он начал работать в Институте мозга в Берлин-Бухе – научным сотрудником и заведующим лабораторией, а затем директором отдела генетики и биофизики.

Первые научные работы Николая Владимировича были посвящены проблемам феногенетики. В 1927 году он формулирует *важнейшее эмпирическое обобщение* о системной регуляции фенотипического проявления генотипа: «Признак, даже просто менделирующий, под-

вергается воздействию многих генов, и обратно, отдельный ген обладает множественным действием. Это создает представление о целостном действии генотипа и о воздействии наследственной конституции на проявление и выражение отдельного гена».

Вместе с С. С. Четвериковым он начал исследование по генетике и эволюции популяций, в 30-х годах занимается изучением географической изменчивости популяций и жизнеспособности генотипов. Этот цикл популяционно-генетических работ завершился созданием учения о микроэволюции и генетических основах эволюционного процесса. Н. В. Тимофеев-Ресовский приходит к выводу, что элементарными объектами микроэволюции являются видовые популяции, а элементарным эволюционным событием – изменение их генотипического состава. Это изменение связано с мутациями, проявление и судьба которых в популяции определяется комбинированным действием мутационного процесса, колебанием численности популяций, изоляцией, миграцией и отбором.

С 1928 года Н. В. Тимофеев-Ресовский публикует большую серию работ по спонтанному и вызванному рентгеновскими лучами мутагенезу. В итоге этих работ в 1935 году он вместе с немецкими учеными физиком-теоретиком М. Дельбрюком и экспериментатором-дозиметристом К. Г. Циммером публикует в «Известиях Геттингенского научного общества» монографию «О природе генных мутаций и структуре гена», в которой были сформулированы *основы радиационной генетики.* В этой серии работ на новом экспериментальном материале он развивает идею своего учителя Н.К. Кольцова о «наследственных молекулах».

Молекулярная генетика (и молекулярная биология вообще), радиационная генетика (и радиобиология вообще), биофизика, учение о микроэволюции и учение об онтогенезе и феногенетике, популяционная генетика и общая (синтетическая) теория эволюции – вот круг современных биологических дисциплин, у истоков которых стоял Н. В. Тимофеев-Ресовский. А в итоге – выдающаяся *концепция-обобщение об уровнях организации живого.*

Ярчайшая черта личности Николая Владимировича – широчайшие и интенсивнейшие научные и дружеские контакты с учеными-коллегами.

Всегда открытый новым научным веяниям и идеям, Николай Владимирович тотчас же начинал их обсуждать, собирая вокруг себя коллег, и особенно научную молодежь. Он обладал ораторским даром и блестящим русским языком. Ему не нужен был микрофон – его мощная и ясная дикция, яркие и сочные образы, незаштампованность мысли и изложение сложнейшего научного материала без занудливой серьезности приковывали внимание слушателей. Лекции его были максимально впитываемыми. Он освобождал научную мысль, скованную цензурой и идеологическими установками, и многие пробуждались от его логики и убежденности.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

К Николаю Владимировичу прилепилось много молодежи.

Прижался и я, так как кругом, особенно на биофаке МГУ и особенно у почвоведов, учиться было не у кого. Спустя десятилетия я благодарен ему за то, что он вложил в меня «русский дух» и нарек Тюрюканычем.

Он обладал лучезарным юмором, но очень не любил пошлых анекдотов. Ему претило это.

Однажды я зашел к нему утром. Он ждал меня и, как всегда, сказал: «Садись, лопай...» Он был хлебосол.

– Что нового, Тюрюканыч?

Накануне умер Буденный, и я ответил:

– Буденный помер.

– Жаль. Мужик был боевой. Ну и как его помянули?

– Нормально. Все начальники подписали некролог.

– Ну, слава Богу. Читай мне некролог.

Я прочитал. Он спросил:

– Кто подписал?

– Все.

– Ну и кто же конкретно? – снова спросил он.

Я стал читать: «Брежнев, Косыгин...» Далее шел длинный шлейф известных, а потом не известных нам фамилий. Но Николай Владимирович внимательно слушал. Когда же я кончил этот 4–5-этажный перечень неизвестных начальников, он, помолчав, задумчиво сказал: «А главной подписи все-таки нету».

Тут я встрепенулся – ведь вся «верхушка» подписалась.

– Кого же нет, Николай Владимирович?

Он внимательно посмотрел на меня:

– Лошадей России.

Так он нестандартно мыслил. Вспомнил о заслугах Буденного в спасении наших лошадей в век «научно-технического прогресса».

Он очень много читал. Со слабым зрением, нарушенным в концлагерях, он через лупу читал до 2-3 часов ночи, а днем ему читала его жена Елена Александровна, в основном русскую классику. Из русских писателей он больше всего любил Н. С. Лескова за его сочный русский язык, которому он часто подражал в своих беседах.

Особенно ценил Николай Владимирович русское церковное пение. Он общался с Ф. И. Шаляпиным. Вообще басы были его страстью. Он любил рассказывать, что лучшие басы-священники были выходцами из его родной калужской губернии – из Мещовского и Масальского уездов. Сам он пел прекрасно и тоже в басовом регистре. Его растрогало известие, что столетие со дня рождения В. И. Вернадского было отмечено в Актовом зале Московского университета исполнением Первого концерта для фортепиано с оркестром П. И. Чайковского. Это, говорил он, настоящая биосферная музыка.

Николай Владимирович был большой знаток живописи и в молодости чуть не стал искусствоведом, но биология перетянула.

Был он отличным спортсменом (пробегал стометровку в 20-х годах за 11,4 секунды) и сохранил страсть к спорту до конца жизни. Следил за спортивными событиями планеты и всегда выписывал газету «Советский спорт». Как же он был огорчен за несколько месяцев до кончины, когда узнал, что американцы не будут участвовать в летней Олимпиаде-80 в Москве. «С кем же нам тогда соревноваться, ежели не с ними?» – говорил он.

По хозяйству он занимался мало, но обязательно и виртуозно мыл послеобеденную посуду, давая возможность Елене Александровне отдохнуть перед вечерним нашествием гостей.

В конце жизни он бросил курить, питался скромно пищу и пользовался услугами соседнего молочного магазина, предпочитая молочные продукты всем остальным.

Работая после войны в «шарашке» на Южном Урале (заведующим биофизическим отделом объекта 0211 9-го Управления НКВД), а затем в Свердловске (заведующим отделом радиобиологии и биофизики в Институте биологии Уральского филиала Академии наук с 1955 по 1964 г.) и в Обнинске (заведующим отделом радиобиологии и генетики в Институте медицинской радиологии Академии медицинских наук с 1964 по 1969 г.) и последние годы жизни в Институте медико-биологических проблем (Москва), Николай Владимирович сделал так много в науке, что дух захватывает.

В эти годы им создана *научная школа* – явление, исстари приветствовавшееся в России, а ныне ставшее редкостью. Вторым его делом в этот период было *создание радиационной биогеоценологии.* Он работал в этой молодой, созданной им науке мощно, напористо, как бы предчувствуя Чернобыль и его предтечу – Кыштым. Идеи и имена Докучаева, Вернадского и Сукачева стали для него общей платформой в стратегии радиационных исследований. Третьим делом его стало *возрождение общей генетики* в стране и обогащение ее новыми идеями и методами. Его сильно «придавливали» все эти годы, но главное он успел сделать.

Практически все воспоминания и статьи о Николае Владимировиче говорят о нем как об основателе радиобиологии, биофизики, генетики. И в самом деле, эти работы Николая Владимировича яркие и фундаментальные. Особая страсть к точным определениям, терминам и всему понятийному аппарату делала его научные выводы всегда высоко корректными.

Он работал один или с сотрудниками в широком диапазоне научных интересов и проблем, или, как он любил шутить, от астрономии до гастрономии.

Непосвященному или посвященному специалисту трудно было понять, почему разбрасывался Николай Владимирович. Немало

разных людей отмечали это. Но, как ни удивительно, все они снисходительно относились к разнообразию увлечений Николая Владимировича под влиянием его необыкновенной общительности, эрудиции и способности привлекать и увлекать слушателей при личном общении.

Мало кто понимал, что в нем от рождения были заложены уникальные черты – хорошее здоровье, большой ум и способность к научному синтезу. Он обладал сильным чутьем на научную новизну, огромным научным багажом и не менее огромным трудолюбием и целенаправленностью работы. В этом отношении он был похож на глубоко уважаемого им В. И. Вернадского.

С годами из автора частных работ в различных областях знания сформировался ученый-натуралист, теоретик общего естествознания, наметивший пути его развития в эпоху глобальных антибиосферных акций человечества. Ему принадлежит заслуга «второго открытия» учения о биосфере и придания ему современного звучания.

Николая Владимировича уже не было, когда случился Чернобыль. Нет сомнений, что он весь отдался бы борьбе с этой бедой. Это его фронт.

В фильме о Чернобыльской аварии крестьянин-чернобылец справедливо спрашивает: «А где же наука? Куда она смотрела?» Хочется ответить спокойно, хотя это и не легко. Простые люди, да и руководители тоже, часто путают науку с техникой, а это одна из ошибок всей так называемой научно-технической революции. Наука – это сгусток множества наблюдений, описаний, экспериментов, умноженный на логику ума исследователей и научный опыт предшествующих поколений. Техника – это реальное материальное воплощение того, что открыла наука. В технику воплощается малая доля открытий фундаментальной науки, но зато включаются огромные массы людей, средств и материалов. В науке все решают личности и коллективы под руководством личностей.

Чернобыль – это трагедия социально-технического, а не научного фланга нашей жизни. Наука несет ответственность прежде всего за то, что практически не разрабатывала проблемы человеческого фактора. Технари и технократы всегда имели дело с бездумными металлами, машинами и прочими «болванками». Чернобыль снова показал, что от «болванок» до «болванов» один шаг. Если в науке главное думать, а потом работать, то в технике и ее обслуживании крен сделали на «работу». Если в науке «творили», то в технике часто «вытворяли» – достаточно вспомнить мелиорацию с ее бульдозерной идеологией.

Чернобыль – это уже горькая реальность. Что делать с этим сейчас? Какая наука за это в ответе? И есть ли она? Такой науки не то чтобы нет, но и нельзя сказать, что она есть. Н. В. Тимофеев-Ресовский создавал радиационную биогеоценологию как нау-

ку о судьбе радиоизотопов в биосфере, то есть в почвах, воде, живых организмах и т. д. А сейчас судьба изотопов неразрывно связана с судьбой людей. В лабораториях Николая Владимировича были поставлены тысячи различных оригинальных экспериментов, вскрывших многие «тайны» обитания и поведения радиоизотопов в природе. К сожалению, и на Урале, и в Калужской области эти работы постепенно угасали вместе с «запрограммированной» судьбой Н. В. Тимофеева-Ресовского. Не закрытость «почтовых ящиков», в которых работал Николай Владимирович, а всенародная гласность и ускоренное просвещение людей нужно нам как главное лекарство пробуждения от летаргии доатомного средневековья.

Радиационная биогеоценология, радиобиология, медицинская генетика и другие связанные с ними дисциплины должны получить приоритетное развитие, ибо, к сожалению, «мирный атом» принес столько горя нашей многострадальной Родине.

Кто мыслит, тот готовит фундамент для будущих дел. Нужны не ученые-статисты, а мыслители-личности – такие, каким был Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский.

ОБЩЕЕ УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Учение о биосфере – детище русской национальной школы в науке

О, Русская земля!
Слово о полку Игореве

Научные истины интернациональны. Они общезначимы – независимо от того, где и как добыты. Но научные школы, вырабатывающие свой способ постижения истины, могут носить ярко выраженный национальный характер, потому что истина рождается не в абстрактной стихии мысли, а во многовековом опыте народностей и наций, живущих в определенной природной обстановке. Истина – квинтэссенция исторической жизни этноса, его духовной, нравственной и материальной культуры.

Способы постижения истины могут быть разные, но можно выделить три основные их группы: *описание, эксперимент* и *моделирование.* В таком порядке они исторически возникали и доминировали в науке, определяя облик (стиль, парадигму) и глубинные противоречивые пути развития научной мысли.

Описательный способ постижения природы сформировал тип ученого-натуралиста, который стремится охватить природу в ее целостности и многокачественности, выявить планетарную и космическую функцию явлений жизни.

Эксперимент породил аналитическое расчленение единой природы на отдельные тела, явления и процессы и изучение их в «чистом» виде. Когда эксперимент стал господствующим методом познания, возникло *противостояние натуралистического и экспериментального типов научного мышления.* И главным водоразделом между ними оказались явления жизни.

В биосфере живое вещество является тем главным агентом, которое связывает в единое целое огромное множество разнообразнейших природных процессов – механических, физических, химических, термодинамических, биологических, геологических и т. д. По существу, живое вещество определяет вектор и интенсивность всех этих процессов, оно управляет ими.

Однако, аналитическое изучение природы автоматически оставляет в стороне этот главный агент, цементирующий биосферу в единое целое, выводит исследователя из поля общей взаимосвязи биосферных процессов.

Жизнь угасает в эксперименте. Даже живой организм превращается в косное вещество в руках аналитика. Вот почему с развитием экспериментальных аналитических исследований на смену натуралистическому мировоззрению приходит механистическая, а затем физическая картина мира, которая имеет дело только с косным (неживым) веществом и в которой жизнь оказывается исчезающе малой величиной. Такая картина мира строится на основе представления о фундаментальности и универсальности некоторых отдельно взятых законов механики или физики, экспериментально изучаемых. В условиях господства физического мировоззрения и в противовес ему возникают направления научной мысли (как, например, витализм и холизм), которые пытаются (и нужно признать, очень беспомощно) все же удержать, не дать исчезнуть воззрениям на самоценность жизни и живого. Но на эти направления физическое мировоззрение безжалостно ставит клеймо лженаучности.

Вместе с жизнью из физической картины мира исчезает и представление о времени («возрасте») формирования биосферы и ее систем. В физических и математических формулах остается совершенно безликое и абстрактное dt и столь же произвольное время физического космогенеза (космогенеза косного вещества), меняющееся с каждой новой теорией космогенеза. Неизбежным следствием потери биосферной основы научной мысли стало появление двух мучительных проблем – тепловой смерти Вселенной и происхождения жизни.

Лишь в конце прошлого века научная мысль обращается к созданию синтетической картины мира, в которой живое вещество и явления жизни обретают свою истинную роль. Эта картина мира и была развернута в учении о биосфере.

В создании учения о биосфере состоит основной вклад русской научной школы в мировую науку. Это учение явилось закономерным итогом стратегии научного развития России, разработанной М. В. Ломоносовым – «первым нашим университетом», как сказал о нем А. С. Пушкин.

Как ученый М. В. Ломоносов формировался в эпоху, когда в Западной Европе, где он учился и обстоятельно ознакомился с новейшими достижениями научной мысли, уже сложилась устойчивая тенденция аналитического экспериментального исследования природы.

Петр I поставил задачу безотлагательного и быстрейшего развития науки в России. Петр 1, по словам В. Г. Белинского, бросил вызов России. Россия на этот вызов ответила М. В. Ломоносовым

– он разработал поразительную по мощности и изяществу *концепцию научного развития России.*

В чем суть этой концепции? Взглянем на карту России. «Россия, простираясь по великой обширности матерой земли», – как говорил Ломоносов, – включает в себя все природные зоны, за исключением тропической. В ней можно встретить все наиболее характерные природные ландшафты, иногда занимающие обширнейшие пространства. Крупнейшие, континентального масштаба речные артерии прорезают страну. Вся северная и восточная граница ее открыта двум мировым океанам. И – немаловажное обстоятельство – на огромных территориях природа сохранилась в девственном, не затронутом человеком, состоянии. Щедро одарена Россия природными богатствами.

Вот эти особенности и легли в основу ломоносовской концепции развития науки в России. Суть этой концепции такова: нужно исследовать результаты *эксперимента, поставленного самой природой.* Почвы, растительный и животный мир, минеральное богатство, разнообразие ландшафтов, наконец, обычаи народов, населяющих Россию, – во всем этом отразилось развитие природы. Это то, что было отобрано и сохранено самой природой в ходе ее многовекового развития. Нужно все это изучить и описать, используя сравнительный метод с учетом исторического развития природы страны.

Сравнительно-исторический метод, описательный способ постижения научных истин – вот что должно стать, по мысли М. В. Ломоносова, приоритетным направлением развития науки в России. Он разработал план комплексных экспедиций по различным районам страны, план освоения Арктики и открытия «возможного прохода Сибирским океаном в Восточную Индию». В 1768–1774 годах состоялись так называемые академические экспедиции, с которых началось исследование центральных и южных областей страны, Сибири, Камчатки, Дальнего Востока, Курильских островов, Арктики. Экспедиции возглавили И. П. Лепехин, С. Г. Гмелин, И. А. Гильденштадт, П. С. Паллас и др. В 1803–1822 годах русские мореплаватели И. Ф. Крузенштерн, Ю. Ф. Лисянский, О. Е. Коцебу, В. М. Головнин, З. И. Панафидин, М. Н. Васильев и Г. С. Шишмарев, Ф. Ф. Беллинсгаузен и М. П. Лазарев, Ф. П. Литке совершили кругосветные путешествия. Выдающийся знаток истории науки В. И. Вернадский писал, что в истории естествознания «большую роль играло новое большое, нами не осознанное, культурное явление: создание научной работы в России и научный охват этим путем природы Евразии»[1].

Начиная с М. В. Ломоносова, русская естественнонаучная школа шла к познанию мира и истины, «снимая» результаты еди-

---

[1] *Вернадский В. И.* Избранные труды по истории науки. М., 1981. С. 274–275.

ного и неповторимого «эксперимента» самой природы, – описывая растения и животных, минералы и почвы, реки и ландшафты. Разумеется, и в России со временем стала развиваться экспериментальная наука, а в Европе тоже были выдающиеся путешественники (А. Гумбольдт, Ч. Дарвин, А. Уоллес, Г. Бейтс и многие другие), но все же различие в постижении истины природы было.

Одна шестая часть суши планеты и вся акватория Мирового океана, охваченные путешествиями русских ученых и моряков, дали не менее, а скорее более богатую информацию о лике Земли, чем экспериментально-аналитические лаборатории Западной Европы. И нужно подчеркнуть, что здесь речь идет не о противопоставлении, а о взаимодополнительности описательной и экспериментальной школ и о разных путях получения информации об окружающем нас мире. При этом все же не следует забывать и о том, с какими трудностями и с какой внутренней напряженностью протекала в Западной Европе смена натуралистического типа мышления экспериментальным, неумолимо завоевывавшим господствующее положение в науке. В замечательной статье «Мысли и замечания о Гете как натуралисте» В. И. Вернадский очень проникновенно показал, как драматически воспринял Гете противоборство натуралистического и экспериментального направлений научной мысли. Это противоборство непосредственно коснулось и судьбы научного наследия Гете. Гете и Ломоносов были любимейшими натуралистами В. И. Вернадского. В другой, не менее блестящей, статье «Кант и естествознание» В. И. Вернадский проследил, как естественнонаучная мысль пыталась синтезировать эти противостоящие способы постижения мира (обозначенные им в статье как «линия Бюффона» и «линия Ньютона»)[1] .

Мы упустим самое главное, если не обратим внимания на то, что наиболее характерной чертой, своего рода «нервным узлом» исследовательского метода М. В. Ломоносова было выявление исторически складывающейся взаимосвязи неорганического и органического мира. Это очень важно отметить, так как сам по себе сравнительно-описательный анализ есть то, с чего начинается любое научное исследование, и нередко именно в этом смысле истолковывается понятие «сравнительный метод исследования». Такое толкование составляет лишь первое приближение к пониманию сравнительно-исторического метода Ломоносова. Его настоящей сутью является *установление сопряженности времен развития органического и неорганического мира.* Вот несколько классических примеров такого метода.

По спорному вопросу о природе окаменелостей Ломоносов совершенно определенно заявлял, что окаменелости представляют собой остатки прошлой жизнедеятельности организмов. Они вместе с тем свидетельствуют о больших переменах на земной по-

---

[1] *Вернадский В. И.* Труды по всеобщей истории науки. М., 1988.

верхности, и по ним можно судить об условиях образования земных слоев.

Вторым примером может служить выдвинутая Ломоносовым идея органического происхождения торфа, угля, нефти и янтаря. По его мнению, торфяные массы, покрытые наносами, со временем под влиянием температуры и давления без доступа воздуха в глубоких пластах Земли превращаются в каменный уголь. В уголь превращаются и деревья, попавшие в торфяную массу. Нефть же образуется путем сухой перегонки растительных остатков в недрах Земли, а янтарь происходит из смолы ископаемых растений.

Выдающаяся проницательность М. В. Ломоносова, опиравшаяся на сравнительно-исторический метод исследования, сказалась и в его суждении о происхождении почв. «Чернозем, – писал он, – не первообразная и не первозданная материя, он произошел от согнития животных и растущих тел со временем»[1].

Поразительно, как сразу, при первой же встрече с трудами М. В. Ломоносова, В. В. Докучаев и В. И. Вернадский «схватили» особенность его гения и почувствовали свою близость к нему, поняли, что они обязаны стать продолжателями оставленного им наследия. С искренним восхищением и сердечностью отзывался В. В. Докучаев о могуществе и прозорливости научной мысли М. В. Ломоносова. В «Публичных лекциях по почвоведению и сельскому хозяйству», прочитанных в 1900 году в Полтаве статистикам Полтавского земства, В. В. Докучаев говорил: «Чернозем есть продукт взаимодействия воздуха, растений и грунта; это и есть теория происхождения чернозема; она проста, до смешного проста. А мы, ученые, сумели создать по этому вопросу целую литературу и пришли... ко всем известному и для всех ясному заключению. Я сам докторскую степень получил в некотором роде за борьбу с мельницами, так как ломал копья за теорию происхождения чернозема. На днях проф. Вернадский получил поручение от Московского университета разобрать сочинения Ломоносова, и я с удивлением узнал от проф. Вернадского, что Ломоносов давно уже изложил в своих сочинениях ту теорию, за защиту которой я получил докторскую степень, и изложил, надо признаться, шире и более обобщающим образом. По его словам, бурый уголь, каменный уголь и чернозем – все это результат влияния организмов на грунт»[2].

О том, какое значение В. В. Докучаев придавал мыслям М. В. Ломоносова и какое важное подспорье видел в них для решения организационных задач развития науки, свидетельствует его письмо В. И. Вернадскому от 4 марта 1900 года: *«Дорогой Владимир Иванович! Меня крайне интересуют слова и думы Ломоносова*

---

[1] *Ломоносов М. В.* Полн. собр. соч., М.; Л., 1952. Т. 3. С. 590.

[2] *Докучаев В. В.* Соч. М., 1953. Т. 7. С. 280.

о русском черноземе и вообще о наших почвах. Если это помещено в каком-либо редком документе, то нельзя ли прислать дословную выдержку из него; если же это где-либо напечатано – указать источник. Мне это очень нужно, так как я решил подать в нашу Академию наук особую (историческую) записку об учреждении в России почвенного института»[1].

В. И. Вернадский в статье «Несколько слов о работах Ломоносова по минералогии и геологии» (1900) писал, что трактат М. В. Ломоносова «О слоях земных» «является во всей литературе XVIII в. – русской и иностранной – первым блестящим очерком геологической науки. Для нас он интересен не только потому, что связан с научной работой, самостоятельно шедшей во главе человеческой мысли, сделанной в нашей среде, но и потому, что она в значительной мере основана на изучении природы нашей страны; при этом она сделана раньше той огромной работы описания России, которая совершена была натуралистами, связанными с Академией наук в течение царствования императрицы Екатерины II»[2].

Нельзя не отметить, что учение о почве и учение о зонах природы В. В. Докучаева выросли из экспедиционных исследований обширнейшей черноземной полосы и других территорий страны. Докучаевские экспедиции стали знаменательной вехой в реализации ломоносовской программы экспедиционного исследования страны. В своих исследованиях В. В. Докучаев руководствовался методом сравнительно-исторического анализа многообразия почв в связи с эволюцией несущих их ландшафтов. Этот метод стал ключом к пониманию происхождения и географии почв.

Россия с ее богатейшим разнообразием почв стала своего рода естественным полигоном, на котором в ходе экспедиционных исследований рождалась наука о почве. Представляя книгу В. В. Докучаева «Русский чернозем» к награждению первой полной Макарьевской премией, академик Ф. Б. Шмидт писал: «Бесспорно, в Европе нет страны, для которой всестороннее исследование почв имело бы столько научного и практического значения, как Россия; не может подлежать сомнению, что ни в какой другой европейской местности изучение почв не обещает дать столько благих результатов, как у нас, где еще до сих пор имеются сотни тысяч десятин девственных земель (являющихся перед нами в их естественном неизменном виде) и где почвы как в период образования, так и теперь находятся при самых разнообразных условиях климата, растительности, грунта, рельефа и высоты местности и пр.; наконец, мы обладаем лучшим, богатейшим представителем данных образований – типичнейшим черноземом»[3].

---

[1] *Докучаев В. В.* Соч. М., 1953. Т. 7. С. 428.

[2] *Вернадский В. И.* Труды по истории науки в России. М., 1988. С. 48.

[3] *Докучаев В. В.* Соч. М., 1953. Т. 7. С. 428.

Когда В. В. Докучаев создавал науку о почве как особом естественноисторическом теле природы, он думал не только о факторах почвообразования, ее формирующих, но прежде всего о времени, его текущем невидимом потоке, создающем почвы, их организованность и особый тип их жизни. Все его работы о почвах несут печать *временного типа мышления,* названного им естественноисторическим подходом. Задолго до появления понятия гена (1903) и генетики как науки В. В. Докучаев говорил о генезисе почв и генетическом почвоведении.

В. В. Докучаев сделал главное. Он показал, что человеку «противостоит» природа в форме интегральных систем (почвы, природные зоны), формирующихся и развивающихся в процессе длительного исторического взаимодействия мертвой и живой природы, климата, горных пород, поверхностных и грунтовых вод. И, следовательно, изучение взаимосвязи всех этих разнообразных факторов под углом зрения функционирования и развития интегральных природных систем составляет главный предмет и высшую прелесть, как писал В. В. Докучаев, естествознания. И далее, изучение того, как человечество входит, включается в эти интегральные природные образования и как вследствие этого начинают формироваться новые интегральные (также природные!) образования, по существу, становится главной задачей естествознания будущего.

Взаимодействие с целостными природными образованиями – системами биосферы составляет самую общую и первоначальную основу и предпосылку человеческой деятельности. И если нужды индустриально-технического развития заставили отойти от этой основы и предпосылки, расщепить общую взаимосвязь природных процессов и эксплуатировать отдельные природные связи и свойства, то будущее развитие производства неизбежно вернется к общей взаимосвязи как к своей основе. Этот возврат составит необходимое условие восстановления единства общества с природой, преодоления отчуждения между ними.

Разработанное В. В. Докучаевым понятие естественноисторического тела (системы, образования) стало основополагающим понятием биосферного класса наук[1]. Являясь элементарным (далее не разложимым, без потери качества), оно стало исходным моментом, всеобщей и универсальной основой изучения биосферы и ее систем, тем зародышем, из которого развились все другие понятия биосферных наук.

---

[1] А. Н. Тюрюкановым этот термин введен в 1977 г. в статье *Галицкий В. В., Тюрюканов А. Н.* Методологические препосылки моделирования биогеоценотических процессов. В кн.: Структура науки и механизм возникновения нового знания. Обнинск-Москва, 1977. С. 46-55.

Создав генетическое почвоведение (учение о почве как естественноисторическом образовании), В. В. Докучаев перешел к разработке учения о зонах природы, в котором естественноисторический подход был применен в континентальном глобально-космическом масштабе.

В творческом содружестве В. В. Докучаева и В. И. Вернадского, учителя и ученика, был совершен решающий прорыв к биосферно-космическому научному мышлению, наполненному историзмом.

В. В. Докучаев, сын священника, вырос на широких просторах Смоленщины. Это была натура шаляпинского типа. Мощный интеллект, необыкновенная физическая сила, выдающийся темперамент борца, не знающая препятствий способность убеждения, глубочайшая моральная и нравственная чистота – все эти черты сообщали неповторимое обаяние личности Докучаева. В своих воспоминаниях В. И. Вернадский писал, что Докучаев был одарен «совершенно исключительной пластичностью воображения», по немногим деталям природы он «схватывал и рисовал целое в необычайно блестящей и яркой форме». «В истории естествознания в России в течение XIX в. немного найдется людей, которые могли бы быть поставлены наряду с ним по влиянию, какое они оказывали на ход научной работы, по глубине и оригинальности их обобщающей мысли»[1] .

За В. И. Вернадским стояло несколько поколений высокоодаренной интеллигенции. Его прадед был сельским священником, а дед, закончив Московский университет, участвовал военным лекарем в походах Суворова и Кутузова. Отец Вернадского, профессор сначала Киевского, а затем Московского университета, был одним из основателей социологической науки в России. Унаследовав накопленную предками интеллектуальную культуру, Вернадский универсально развил ее, вобрав в себя все богатство отечественной и зарубежной культуры и научной мысли. Необычайно широкий круг его научных интересов органически сочетался в нем с поразительной скрупулезностью и методичностью научной работы. Вклад его в разнообразнейшие области научного знания настолько велик, что его заслуженно называют «Ломоносовым XX века». Он торил будущие пути развития научной мысли.

Как эстафету, «из рук в руки», «из души в душу», передал Докучаев свое космически-временное мышление своему другу и ученику Вернадскому. Это произошло сто лет назад в Полтавской экспедиции. Дни и ночи проходили в беседах учителя и ученика об истории природы, о звездном небе, о почвах, о России, о мировой культуре. Как ученый Вернадский родился среди украинской природы, под Полтавой, от общения с русским гением Докучае-

---

[1] *Вернадский В. И.* Страница из истории почвоведения//Вернадский В. И. Труды по истории науки в России. М., 1988

вым. Здесь произошла мощная реакция соединения двух различных, но дополняющих друг друга «генотипов» ученых-натуралистов. Без этого не было бы учения о биосфере. Оно начиналось с генетического почвоведения на просторах Русской равнины с ее черноземами. Сейчас почти все труды В. И. Вернадского изданы, из них видно, как он шел год от года к созданию общего учения о биосфере и как огромную массу фактов и идей начала нашего века он проверял сравнительно-историческим методом, преподанным ему Докучаевым.

В. И. Вернадский сделал следующий необходимый логический шаг – распространил естественноисторический принцип на исследование планеты в целом и получил выдающийся результат: выделил биосферу как целостную интегральную оболочку Земли, функционирование и развитие которой определяется в основном биогеохимическими закономерностями и круговоротами.

На пути к созданию учения о биосфере В. И. Вернадский разработал понятия живого вещества, организованности биосферы, биогеохимической миграции химических элементов и ряд других, проводящих резкую разграничительную линию между учением о биосфере, с одной стороны, и комплексом физико-химических, биологических и геолого-географических наук – с другой. В биогеохимических принципах, сформулированных Вернадским, нашла отражение сущность учения о биосфере.

В этом учении В. И. Вернадский связал в единую систему научного аппарата множество эмпирических обобщений биосферного характера, столетиями формировавшихся в трудах натуралистов. Понятие биосферы стало ядром, центром необходимого, естественного и точного синтеза многочисленного эмпирического материала о жизни поверхностной оболочки нашей планеты.

В. И. Вернадский подчеркивал, что высокий уровень развития физики, химии, минералогии, биология, геологии, географии и других конкретно-научных дисциплин составлял необходимую предпосылку разработки учения о биосфере с характерным для него синтетическим охватом совокупности взаимосвязей между разнородными природными процессами и явлениями.

Не менее существенно, что другой важнейшей предпосылкой создания учения о биосфере оказалось становление в XX столетии глобальной (общепланетарной) системы «Биосфера и Человечество». Продолжая линию В. В. Докучаева, В. И. Вернадский видел в учении о биосфере естественнонаучное обоснование использования человечеством производительных сил Земли. Поэтому можно с уверенностью утверждать, что исходным и вместе с тем конечным пунктом деятельности В. В. Докучаева и В. И. Вернадского было исследование взаимосвязи общества с природой, разработка теоретических и практических аспектов этой взаимосвязи.

Проблема «Биосфера и Человечество» стоит в центре последнего раздела учения о биосфере – намеченного, но не разработан-

ного В. И. Вернадским, – раздела о ноосфере, т. е. о том этапе эволюции биосферы, когда начинает возникать и все более интенсивно развертываться в планетарном масштабе культурная биогеохимическая форма миграции вещества.

С точки зрения учения о ноосфере по-новому вырисовывается значение многих крупнейших обобщений, таких как принцип Дж. Геттона («в геологии мы не видим ни начала, ни конца»), принцип Ф. Реди («все живое от живого»), принцип цефализации Дж. Дана. Первые два принципа, взятые с комментариями и дополнениями В. И. Вернадского, указывают на постоянство действия геологических факторов на протяжении реально изучаемого отрезка истории Земли, к началу которого уже существовала биосфера, обладающая всеми основными своими биогеохимическими функциями. Принцип Дж. Дана выявляет важнейшую линию в эволюции органического мира – цефализацию, последовательное возникновение организмов со все более сложной и совершенной нервной системой.

Итак, на фоне постоянно действующих геологических факторов развертывается процесс цефализации, следствием которого явилось возникновение человека. Сопоставление принципов Геттона, Реди и Дана раскрывает, следовательно, исторически закономерную преемственную связь человечества с биосферой и вместе с тем тот качественный скачок в развитии биосферы, который произошел с появлением человечества. И это особенно важно подчеркнуть, что не человек, а человечество становится новой, даже не планетарной, а космической силой.

Учение о ноосфере – венец учения о биосфере. Но нельзя не отметить, что В. И. Вернадский закономерно пришел к учению о ноосфере именно потому, что исходным пунктом его размышлений было исследование взаимосвязи человечества с природой. Это положение не нуждается в доказательстве. А это означает, что представления В. И. Вернадского о биосфере могут быть поняты с надлежащей глубиной и широтой лишь с позиции учения о ноосфере, в котором они получили высшую интенсивность развития и достигли высшего уровня зрелости.

Разрабатывая общее учение о биосфере, В. И. Вернадский особое внимание уделил понятиям, выражающим общие характеристики биосферы как целостной оболочки планеты. Такими понятиями стали понятия «живого вещества», «организованности биосферы», «растекания, давления, напора жизни», «термодинамического поля биосферы», «биогеохимической миграции химических элементов» и т. д.

Вместе с тем В. И. Вернадский неоднократно подчеркивал факт неоднородности, мозаичности биосферы. Это ставило задачу найти «опосредствующие звенья» между пониманием биосферы как единого целого и ее мозаичности, конкретными способами ее существования и проявлений в различных ее областях. Необходимо

было раскрыть существующую здесь диалектику общего и отдельного и выразить ее в соответствующих понятиях.

Эта важнейшая теоретическая проблема была решена В. Н. Сукачевым в учении о биогеоценозах как элементарных биохорологических единицах биосферы. Решение этой проблемы имело принципиальное значение, так как давало логическую и фактическую основу представлению о многоуровневой структурной организованности биосферы от физических, химических и биологических структурных уровней материи. Учение о биогеоценозах оказалось тем важнейшим шагом на пути развития биосферных идей, который позволил довершить построение общего контура исследования биосферы и выдвинуть положение о биосферном классе наук, изучающем биосферу в ее целостности и внутренней завершенности.

Биогеоценология, придав учению о биосфере форму внутренней логической завершенности, позволила вплотную приступить к разработке учения о ноосфере.

Эту страницу в истории развития биосферных идей открыл Н. В. Тимофеев-Ресовский. Прежде всего ему принадлежит заслуга в подведении итога всему предшествующему периоду развития докучаевской школы в естествознании.

К биосферному мышлению шла вся мировая наука в целом, в этом общем русле развивалась и русская естественнонаучная школа, но все же именно ей принадлежит заслуга создания учения о биосфере. На этом пути русская естественнонаучная мысль за последнее столетие достигла большей законченности в разработке планетарно-космического видения естествознания.

Биосферное мышление рождалось на встречных потоках движения естественнонаучной и гуманитарной мысли. Одновременно с формированием учения о биосфере появляется одно из интереснейших направлений гуманитарной мысли, получившее название «русский космизм» (Н. Ф. Федоров, К. Э. Циолковский, А. Л. Чижевский, Н. К. и Е. И. Рерих и другие). В это же время намечаются новые пути развития религиозной и философской мысли (В. С. Соловьев, П. А. Флоренский, Н. А. Бердяев, С. Н. Булгаков, С. Л. Франк и другие).

Начало XX века в России – «разброд и шатания», попытки найти решения «проклятых вопросов», глубокие тревожные философские раздумья и острейший накал политических страстей, попытки хозяйственных реформ и, как говорил Фритьоф Нансен, «желтый вопрос», «серебряный век» русской литературы и «русские сезоны в Париже». О Фритьофе Нансене мы напишем позже. Это человек Вселенной.

Именно в это время в сознание людей начинает входить представление о человечестве как едином целом. В. И. Вернадский мечтает о всемирных научных центрах, работа которых помогла бы единению человечества; Н. К. и Е. И. Рерих совершают путе-

шествия по Алтаю и Гималаям, пытаясь найти духовные нити, связывающие прошлое, настоящее и будущее человечества, выявить и основать духовные центры его развития; Н. И. Вавилов совершает многочисленные экспедиции по странам мира в поисках мировых центров происхождения культурных растений, которые оказываются и центрами древних цивилизаций – первыми центрами собирания человечества.

Мысль о единстве всего человечества укоренялась в сознании на фоне тревоги за грядущий XX век. И эта тревога не была случайной: первая и вторая мировая война, геноцид тоталитарных режимов, ядерная и химическая война с живым веществом биосферы, как мощные волны, пронеслись по планете, погребая миллионы жизней и принеся неисчислимые бедствия человечеству. Чернобыль – гребень волны, ее пик, когда вдруг обнаружилось, что человечество может выжить и спастись, если выступит как единое целое.

Как бы мы ни рассматривали окружающую нас природу – всюду просвечивают деяния Времени. Именно видение игрищ Времени позволяет понять код Матери-Истории. Мудрые люди давно поняли это.

Как подарок человечеству звучит державинская эпитафия, особенно любимая Н. В. Тимофеевым-Ресовским:

Река времен в своем стремленьи
Уносит все дела людей
И топит в пропасти забвенья
Народы, царства и царей.
А если что и остается
Чрез звуки лиры и трубы,
То вечности жерлом пожрется
И общей не уйдет судьбы!

Последуем и мы этой мудрости в своей попытке познать и понять жизнь Биосферы.

Биосферное естествознание

Не то, что мните вы, природа:
Не слепок, не бездушный лик, –
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык.

Ф. И. Тютчев

Парадоксально, что науки о биосфере возникли позже аналитических наук, хотя человеку изначально дана именно целостность биосферных систем. Пришлось вырабатывать специальные научные процедуры исследования, чтобы из этой исходной цело-

стности биосферных явлений «извлекать» и аналитически, по отдельности, изучать процессы, взаимодействие которых рождает уникальность биосферных систем. Накопив аналитические данные, можно было приступить к построению интегральной синтетической картины биосферы. Но целостность природы неразделима.

Признавая неоценимую роль аналитических исследований в подготовке учения о биосфере, В. И. Вернадский все же подчеркивал, что «биосфера есть «природа» для всех геологических и биологических наук в широком смысле, и множество выводов, которые правильны для всей природы, к ней не подходят, например, энтропия, неизбежность физико-химических процессов в обратимой форме»[1] .

К сожалению, во второй половине XX века было ослаблено внимание к описательным наукам и бурно расцвели экспериментальные дисциплины. Прежним тенденциям в науке узнать «где – что» стала противопоставляться задача узнать «что и как», «каковы механизмы». Время, необходимое для образования того или иного природного тела, стали уплотнять экспериментом. Получено много интересных результатов, но еще больше – артефактов. Лабораторный эксперимент позволил создать много новых веществ, не известных ранее человеку или не имеющихся в природе (пластмассы, радиоизотопы и т. д). Но, как говорится, музыку заказывает тот, кто платит, и большинство экспериментальных исследований прямо или косвенно было «завязано» на обслуживание военно-промышленного комплекса, разрушающего природную среду.

Лик Земли настолько изменился в XX веке «благодаря» человеку (кавычки введены для грустной иронии), что мы теперь должны спешно инвентаризировать и спасать обитателей Земли. Если этого сейчас не сделать, то древо жизни человечества останется без почвы и без корней, в лишенном истории мире – в мире статистических безвременных событий.

И здесь перед нами стоят немалые трудности. В свое время В. И. Вернадский отмечал, что «логика описательного естествознания до сих пор еще не разработана. Чтобы сохранить биосферу, нужно уметь выявить, описать, классифицировать всю совокупность многообразных косных и живых компонентов биосферы и проследить генетические и функциональные взаимосвязи между ними. Нужно наконец-то понять, что не погоня за супермодными методами, рожденными все более изощряющейся технологической мыслью, а точное знание, «где, что и как» происходит в биосфере, должно стать основной задачей современной науки.

В последние десятилетия экспериментаторы, объединившись с математиками, нашли мощный рычаг ускорения своих исследова-

---

[1] Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым. 1979. Т. 1. С. 189.

ний – экспериментальное и математическое моделирование. Оно позволило создавать сложные и сверхсложные искусственные системы и управлять ими. Казалось бы, моделирование откроет возможность управления и сложными биосферными системами. Но на деле все оказалось не так просто: метод моделирования не учитывает время формирования, созревания биосферных систем. Причем не только не учитывают, а просто для этого нет времени. Схемы моделей просты: блоки, соединяющиеся связями различного типа и направлений. Но в них отсутствует «историческая» память компонентов, слагающих биосферные системы.

Эксперимент и моделирование должны рассматриваться не как самоцель, а как необходимые и эффективные помощники естественноисторического, биосферного типа мышления. В нашем веке наука оторвалась от биосферы – этой единственной и уникальной природной среды жизнеобитания и всей деятельности человечества, а в результате – так называемые «отрицательные последствия научно-технической революции». «История дала в сторону», – говорил А. И. Герцен. В нашем веке наука «дала в сторону». Она должна вернуться к своему истоку – к своей биосферной основе.

И первым, кто во второй половине нашего столетия сформулировал проблему «Биосфера и Человечество» как проблему, в которой лежат фактические и логические истоки дальнейшего развития естественнонаучной мысли в биосферном плане, был Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Приоритетность проблемы «Биосфера и Человечество» для всей науки в целом – вот главное научное завещание, оставленное нам замечательным ученым.

Но он не только поставил эту проблему. Выдающейся его заслугой был крупнейший вклад в разработку *общетеоретической основы* решения этой проблемы. К сожалению, эта его заслуга до сих пор не оценена в должной мере. Между тем как раз по вопросу о теоретических подходах к изучению взаимодействия человечества с биосферой в науке существует огромный разброс мнений, часто полярно противоположных.

Свою общетеоретическую позицию Н. В. Тимофеев-Ресовский видел прежде всего в преемственной связи со всем предшествующим развитием естествознания. Главным вектором этого развития он считал последовательную разработку *естественноисторического типа мышления.* В 60-е годы он сформулировал важнейшее эмпирическое обобщение о *непрерывности* развития естественноисторического типа мышления и назвал наиболее выдающихся его представителей: Леонардо да Винчи, Ж. Бюффона, М. В. Ломоносова, А. Гумбольдта, В. В. Докучаева и В. И. Вернадского.

Василий Васильевич Докучаев известен как основатель науки о почве и учения о зонах природы. Но мы имеем полное основание считать, что он вместе со своим прямым учеником и последователем Владимиром Ивановичем Вернадским является соосновате-

лем учения о биосфере. Он первым на качественном уровне сформулировал основные его положения и принципы, указав, что «в центре этого учения, не обнимая его вполне», находится учение о почве.

В. В. Докучаев открыл новую страницу истории естествознания, ознаменовавшуюся переходом от аналитического *к* синтетическому этапу его развития. Науки о биосфере стали конкретным воплощением синтетического типа мышления. Аналитизм растащил естественнонаучное знание по закоулкам отдельных наук и дисциплин. С появлением учения о биосфере естествознание вновь стало обретать свою целостность.

Сам В. В. Докучаев отчетливо понимал, что все естествознание в целом переходит на новый рубеж развития. Вот что он писал в 1899 году, в самом преддверии XX века: «Не подлежит сомнению, что познание природы, – ее сил, стихий, явлений и тел, – сделало в течение 19-го столетия такие гигантские шаги, что само столетие нередко называется веком натуралистов. Но, всматриваясь внимательнее в эти величайшие приобретения человеческого знания, – приобретения, можно сказать, перевернувшие наше мировоззрение на природу вверх дном, особенно после работ Лавуазье, Лайеля, Дарвина, Гельмгольца и др., нельзя не заметить одного весьма существенного и важного недочета... Изучались, главным образом, отдельные тела, – минералы, горные породы, растения и животные, отдельные стихии, – огонь (вулканизм), вода, земля, воздух, в чем, повторяем, наука и достигла, можно сказать, удивительных результатов, но не их соотношения, не та *генетическая, вековечная и всегда закономерная связь,* какая существует между силами, телами и явлениями, *между мертвой и живой* природой, между растительными, животными и минеральными царствами, с одной стороны, и *человеком,* его бытом и даже духовным миром – с другой. А между тем именно эти соотношения, эти закономерные взаимодействия и составляют *сущность* познания естества, *ядро истинной натурфилософии, – лучшую и высшую прелесть естествознания»*[1].

Так В. В. Докучаев определил общую задачу всего естествознания в целом, а ее конкретное решение дал в форме общего учения о биосфере. Поэтому мы, авторы, предлагаем общее естествознание, поднявшееся на уровень учения о биосфере, обозначить понятием «биосферное естествознание»[2].

С приведенным выше высказыванием В. В. Докучаева всегда происходила одна и та же история. История, в общем-то, довольно типичная, так как людям свойственно совершенно неискоренимое стремление приспосабливать и переиначивать высказыва-

---

[1] *Докучаев В. В.* Избранные сочинения. М., 1949. Т. 3. С. 317.

[2] *Тюрюканов А.Н., Федоров В.М.* Ломоносов, Докучаев и Вернадский. Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1988. Т.93. № 3.

ния других на свой собственный лад. Когда цитировали это высказывание, то его неизменно обрывали перед словами «человеком, его бытом и даже духовным миром – с другой».

«Человека забыли...» – говорит Фирс в «Вишневом саде» А. П. Чехова. Точно так же, цитируя В. В. Докучаева, забывали о человеке. Забывали потому, что природа мыслилась без человека, а науки о природе были отделены от наук о человеке.

Между тем новаторство В. В. Докучаева заключалось в том, что изучение генетических, вековечных и всегда закономерных взаимосвязей и взаимоотношений между природой и человеком он считал «сущностью познания естества», «лучшей и высшей прелестью естествознания».

Н. В. Тимофееву-Ресовскому пришлось выводить из забвения, ставшего тенденциозным, эту главную мысль В. В. Докучаева, так же, как и общее учение о биосфере.

Искусственно затемненное на несколько десятилетий, общее учение о биосфере В. И. Вернадского в силу своей планетарно-космической фундаментальности не могло не развиваться. Ни вульгарные псевдофилософские идеи тоталитарного происхождения, ни ссылка и уничтожение мыслителей-натуралистов, ни замалчивание трудов, научных обобщений и планов В. И. Вернадского не могло остановить развития его идей.

Отдельные ученые или небольшие группы, разбросанные по стране, находили силы и возможности для обсуждения мировоззренческих идей В. И. Вернадского. Говоря его словами, в этом смысле учение о биосфере никогда не выходило из научного оборота.

Фундаментальность биосферного естествознания определяется глобальностью сформулированной Н. В. Тимофеевым-Ресовским проблемы «Биосфера и Человечество». Он всегда подчеркивал, что стратегическая линия развития учения о биосфере проходит через научные школы В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева, Б. Б. Полынова, Н. И. Вавилова. Он первый выявил их единую позицию в понимании природы и задачи общего естествознания. Каждый из них работал в своей научной области, но у них было некоторое общее поле научных проблем. Это и смог увидеть Николай Владимирович. Он же и показал, что общей для них являлась проблема «Биосфера и Человечество». «Любая достаточно широкая проблема о взаимодействии человека и его промышленной деятельности на окружающую среду, – писал Н. В. Тимофеев-Ресовский в статье «О радиоактивных загрязнениях биосферы и мерах борьбы с этими загрязнениями», – должна ставиться в настоящее время на основе созданного В. И. Вернадским общего учения о биосфере и биогеохимических процессах и разработанной В. Н. Сукачевым биогеоценологии».

Мы хотели бы, чтобы здесь прозвучал голос В. В. Докучаева, и с этой целью воспроизводим отрывок из его публичной лекции

«К вопросу о соотношениях между живой и мертвой природой», прочитанной в 1898 году. Читатель увидит, что В. В. Докучаев не только предугадал появление учения о биосфере, но и дал его качественное описание в наиболее общих и существенных чертах. Само появление данного учения и его значение для науки и людей он теснейшим образом связывал с той проблемой, которую Н. В. Тимофеев-Ресовский позже сформулировал в самом общем виде как проблему «Биосфера и Человечество». По приводимому отрывку можно судить о том, как современно звучат научные вопросы, поставленные В. В. Докучаевым столетие тому назад. Мы не ушли от этих вопросов и не разрешили их, хотя прошли бурный период научно-технического прогресса. Все эти вопросы вернулись к нам, к тому же в еще более острой и поистине глобальной форме. Отрывок дает представление о той напряженности работы научной мысли, в которой рождалось учение о биосфере.

«В самое последнее время, – говорил В. В. Докучаев, – все более и более начинает выделяться из обширнейшей области биологических наук и обособляться в особую дисциплину, по нашему мнению, полное глубокого, живого интереса в научном и практическом отношениях *Учение* о тех *соотношениях и взаимодействиях* (а равно и *законах,* управляющих *вековыми изменениями их*), которые существуют между так называемыми *живой и мертвой* природой, с одной стороны, и *человеком,* со всеми многообразными проявлениями его физической и духовной жизни, с другой – соотношениях, важнейшие из которых *приурочены к земле и земледелию* в общепринятом смысле данного слова. Эта, еще юная, только что формирующаяся (Рихтгофен, Вальтер, Гельгардт и особенно русская школа почвоведов), но, несомненно, обещающая дать в ближайшем будущем благие и богатые для человечества результаты, дисциплина, по самой сути дела, лежит в центре всех *важнейших* отделов современного естествознания, каковы – геология, орография, климатология, ботаника, зоология и, наконец, *Учение о человеке,* и, таким образом, естественно сближает и даже связывает их, восстанавливая, так сказать, *единство* природы и познания ее.

В то же время упомянутые выше вековечные, строго закономерные *соотношения и взаимодействия* лежат в основе, в корне, наиболее *существенных* этнографических, исторических, бытовых, экономических, социальных и всевозможных культурных человеческих особенностей и проявлений, а потому всегда от века, т. е. *роковым,* неотразимым образом *тяготели* над всем человеческим миром и поныне, как *дамоклов меч,* висят над ним, связывая *мнимого господина земли* по рукам и ногам, несмотря ни на какие успехи цивилизации, ни на какие открытия науки и техники, ни на какие политические перевороты, катастрофы, перемены и перестановки... Все это по сравнению с вековечными, непреклонными

и неумолимыми действиями *стихии,* скоропреходяще, мелко и мало действительно... Нарождаются и исчезают без следа целые величайшие царства; появляются на арене борьбы миллионные массы новых народов и куда-то исчезают бесследно... Делаются величайшие для данного времени сооружения и открытия и стираются со временем без следа; а древние стихии – вода, земля и огонь – по-прежнему продолжают свою неустанную работу, повидимому, нисколько не уменьшаясь ни в силе, ни в энергии, ни в постоянстве и закономерности своей работы...

Сравнив современное состояние аборигенов глубокого севера Цейлона, Индии и Явы, коренных обитателей Голубой и Желтой рек, феллахов Нила, краснокожих Америки, кочевников Аралокаспийских пустынь и рудокопов просвещенной Западной Европы и сопоставив это состояние с бытом и культурным развитием людей каменного и бронзового периодов, нельзя не прийти к чрезвычайно грустному, наводящему на самые серьезные и тяжелые думы выводу... Словом, положительно можно и должно сказать, что почти все разнообразнейшие туземные народности Азии, Африки, Полинезии и Европы, почти 99% современных обитателей нашей планеты, начиная с теряющихся во мраке доисторических времен и поднесь, кончая последними днями XIX века, века электричества и пара, гордых и действительно величайших открытий в области естествознания и техники, – века усиленного роста гуманных и экономических наук и небывалого в истории мира развития частной, общественной и государственной благотворительности и официального человеколюбия, – все упомянутые выше *миллиарды* людей во все это бесконечно долгое время только и *делали* (в самом тяжелом буквальном смысле этого слова), только и *интересовались,* только и *жили* тем, что «в поте (нередко кровавом) лица снискивали хлеб свой». И таковое искание действительно *насущного* хлеба всегда совершалось и теперь совершается в непрестанной, нередко каторжной борьбе со всесильной природой и с ее могущественными стихиями – водой, воздухом и огнем, которые в виде временных потоков, землетрясений и вулканических извержений, бешеных бурь и вихрей или продолжительных засух, непрестанно передвигающихся летучих песков пустыни нередко сметали с лица земли миллионы человеческих жизней, целые государства и почти все культурные приобретения и памятники многовековых трудов, опыта, знания и таланта.

Лишь *земля,* почвы с их растительностью и животным миром, была более *благожелательной,* так сказать, *милостивой стихией,* была истинной *кормилицей* господина. С ее-то даровыми благами – с этими разнообразными *плодами земными,* в самых разнообразных формах и видах, и связана теснейшим *роковым* образом вся жизнь со всеми ее мельчайшими проявлениями, 99% всего человечества...

И *один Бог* знает, сколько веков и тысячелетий придется еще *человеку* земли вести эту непосильную, обыкновенно берущую у

него все время и все силы, действительно *сизифову* работу, дающую в результате лишь одну возможность – *не умереть голодной смертью* семье и самому труженику, и то не всегда! Наступит ли хотя когда-либо конец этой буквально всемирной и бесконечной страде, этому, видимо, ничем не отразимому тяготению стихий мира над его невольниками? Не следует ли оставить эту, как будто совершенно бесплодную работу, эту, может быть, совершенно несбыточную мечту молодых людей и теоретиков-филантропов и, помирившись таким образом (как бы это ни было обидно) с фактом, хотя бы и страшно тяжелым и грустным, поискать *других путей и иных средств к возможному и практически* осуществимому облегчению участи громаднейшего большинства человечества? И действительно, в состоянии ли еще, в силах ли наши наука и техника, со всеми их успехами, со всей европейской культурой, помочь этой роковой нужде, этой безысходной борьбе человека со стихиями природы, помочь в целом или, по крайней мере, для мало-мальского процента столь страшно обремененного, даже закабаленного природой человечества? Не слишком ли современная нам культура громоздка и ценна, особенно ввиду того бесспорного факта, что жизнь именно цивилизованного человека делается с каждым годом все более и более требовательной и дорогой? Хватит ли, наконец, природных богатств настолько, чтобы рост их шел бы параллельно с хотя бы мало-мальски *значительным* распространением благ цивилизации на массу человечества? Не предвидится ли, напротив, истощение в более или менее отдаленном будущем таких первостатейной важности для цивилизации предметов, как каменный уголь, нефть и железо? Не придется ли тогда снова взяться за земледелие тому пролетариату, который кормится теперь на заводах и фабриках? Можно ли доказать исторически, вполне точно, что число *рабов* природы и общественного строя уменьшилось за последние полтора столетия хотя бы на полпроцента? Напротив, не возросла ли эта грозная величина от новой, современной нам, может быть самой злой – капитализма, экономической и промышленной кабалы?

Мы твердо уверены, что если и может кто-либо или что-либо пособить этому великому мировому горю, так это именно *Учение о соотношениях* между живой и мертвой природой вообще и почвоведение, лежащее в центре данного учения, в особенности»[1] .

Вот с такими раздумьями человечество вошло в XX век. Казалось бы, индустриально-технологический прогресс наконец-то освободил человека от роковой зависимости от природы, примером чему могут служить развитые капиталистические страны. Но именно тогда, когда они стали *эталоном свободного и обеспеченного образа жизни,* к которому должно стремиться все человечество,

---

[1] *Докучаев В. В.* Сочинения. М., 1961. Т.8. С.55–57.

разразился экологический, ресурсно-сырьевой и энергетический кризисы. Так неожиданно и мощно природа вновь дала понять, что человечество не может выйти из-под зависимости от нее.

Действительно, население развитых стран обеспечено жизненными благами, но ведь в странах Африки, Латинской Америки, в Юго-Восточном регионе тысячи детей ежедневно умирают от голода. Для большинства населения планеты продовольственная проблема до сих пор остается главной проблемой выживания людей. Население США составляет всего 5% от общего числа населения планеты, а между тем эта страна потребляет 25% всех добываемых в мире природных ресурсов. Да и цена продовольственного благополучия в развитых странах оказывается слишком высокой. Подсчитано, что в этих странах до 50% производимой энергии в различных ее видах затрачивается в конечном счете на создание продовольственных ресурсов.

При интенсивных технологиях земледелия на получение одной пищевой калории необходимо затратить 5–7 так называемых ископаемых калорий (т. е. калорий, получаемых из угля, нефти и газа). Процветание достигается за счет ресурсов, предназначенных для будущих поколений. «Жизнь впрок» – только этого и добилось человечество с помощью различного рода технологических ухищрений.

В. В. Докучаев, как читатель мог убедиться, подчеркивал, что наука может принести пользу человечеству, если будет развиваться в направлении разработки Учения о соотношении живой и мертвой природы, т. е. Учения о биосфере. Но это прощальное его напутствие потомкам не было принято во внимание и не было реализовано, и человечество снова оказалось лицом к лицу с теми самыми проблемами, практическое разрешение которых он связывал с учением о биосфере.

Следуя за В. В. Докучаевым, В. И. Вернадский создает учение о биосфере как особой целостной оболочке планеты, эволюция которой представляет сопряженный процесс эволюции органического мира, эволюции химизма земной коры и геологических преобразований на планете. Он дал строгое количественное выражение этому процессу, а затем в учении о ноосфере связал эволюцию биосферы с историческим развитием человечества. В этом учении он выявил *идеальную норму и цель, идеальную линию развития человечества* в условиях, когда масштабы деятельности человечества становятся сопоставимыми с масштабами стихийных процессов биосферы.

Несомненно, квинтэссенцией научного творчества В. И. Вернадского явилось сформулированное им эмпирическое положение о **биосферной природе научной мысли**. *«Логика естествознания в своих основах,* – писал он, – *теснейшим образом связана с геологической оболочкой, где проявляется разум человека, т.* е. *глубоко и*

неразрывно связана с биосферой»[1]. Это положение он считал *основным* эмпирическим обобщением в логике естествознания, исходным для понимания ее цели и сущности.

Биосфера, подчеркивал В. И. Вернадский, «становится основной областью научного знания», и понимание этого должно лежать *в основе всей научной работы.* Естествознание и связанная с ним техника не является чем-то случайным на планете, это не создание «свободного разума», а природное явление, в настоящее время «резко материально проявляющееся в своих следствиях в окружающей человека среде». В научной картине мира, говорил он, «должна иметь свои проявления и работа научной мысли, в той же форме и тем же путем, каким входят в нее другие природные явления, мелкие и грандиозные»[2].

Не «природу вообще», не Космос и не микромир, а именно биосферу преобразует человечество. Только о биосфере человечество способно судить путем строго эмпирического ее изучения.

С появлением учения о биосфере понятие «природа вообще» неизбежно приобретает абстрактно-спекулятивный характер, понятие же биосферы становится носителем конкретно-исторического подхода к природе.

С легкостью необыкновенной оперирует человек понятием «естествознание», довольствуясь крайне поверхностным представлением о нем как совокупности всех добытых знаний о природе.

Между тем следовало бы поставить вопрос: каковы же принципы этого «естествознания вообще»? Каковы те предельно общие закономерности природы, которые могут быть выявлены всем ест ествознанием в целом? Но эти вопросы даже не ставятся. Кстати, отметим, что вопрос о наиболее общих принципах построения физической картины мира (или биологии) постоянно является предметом оживленных дискуссий.

Поддавшись соблазну физикализма, который редуцирует все многообразие природных форм к физическим видам материи и энергии, современная наука опустошила научную картину мира, сведя ее к абстрактным физическим схемам. Естествоиспытатели, следуя рецептам и критериям строгости и точности физического мышления, получили настолько нестрогую и неточную картину мира, что она не содержит в себе даже запрета на уничтожение живого вещества планеты. Это уже не ошибка познания, а ошибка жизни человечества.

В 1936 году В. И. Вернадский в письме Б. Л. Личкову писал: «Между прочим, для меня ясно, как мало сейчас учтена логическая

---

[1] Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии // Труды биогеохимич. лаборатории. М., 1980. Вып. 16. С. 102.

[2] *Вернадский В. И.* Философские мысли натуралиста. М., 1988. С. 282.

структура того естествознания, которое составляет основу современной науки. Математика, теоретическая физика, науки опытные дали материал для логики, но эмпирическое описательное естествознание – науки о Земле в научном понимании: геологические и биологические – оставлены логикой без внимания»[1]. Характеризуя положение, сложившееся в естествознании, он отмечал «необоснованность приоритета физико-химических наук в научном мировоззрении и необходимость выдвинуть вперед науки геологические и биологические». Однобокое, преимущественно физико-химическое, развитие естествознания, считал ученый, недопустимо и не может «долго длиться, учитывая все растущее значение естествознания в жизни человечества и в истории планеты»[2].

В. И. Вернадский пытался использовать любую возможность, чтобы практически «выдвинуть вперед» науки геологические и биологические. Он видел в этом необходимое условие сохранения целостности естествознания и обеспечения полноты и точности научной работы. Эти устремления ученого не нашли отклик в стране, занятой сплошной индустриализацией и развитием военно-промышленного комплекса.

«Человеческая мысль, – писал В. И. Вернадский, – есть функция среды (биосферы), а не только организма. И аналитический прием разделения всегда приведет к неполному и неверному представлению, так как в действительности «природа» есть организованное целое... есть организованная земная оболочка – биосфера – и должна отражаться как целое во всех *наших научных представлениях»*[3]. Это удивительно емкое и точное высказывание ученого выявляет научную и философскую основу диалектики материального и идеального, причинного и целевого отношения.

Резкий разрыв между науками о живой и неживой природе, между естествознанием и науками о человеке был усилен биполярной (антиномичной) логикой, занявшей господствующее положение и в науке, и в философии. Выдвинутое В. И. Вернадским положение о биосферной реальности как основе научной работы вводит в науку и философию *ансамблевый принцип построения логики.* Эти идеи еще ждут своей разработки.

Нам же важно подчеркнуть, что В. И. Вернадский всесторонне – в онтологическом, логическом и гносеологическом аспектах – обосновал понимание *учения о биосфере как общетеоретической основы всего естествознания в целом.*

После появления учения о биосфере уже нельзя ограничиваться представлением о естествознании как некоторой бесформенной совокупности знаний о природе. Оно имеет свои общие принципы,

---

[1] Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым. М., 1979. Т, 1, С. 178 – 180, 189, 206.

[2] Там же.

[3] Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым. С. 179.

свою стержневую линию развития. Это – принципы, сформулированные в учении о биосфере, а стержневое направление развития научной мысли заключается в его движении к учению о биосфере. Последнее есть не что иное, как само общее естествознание, которое впервые за свою историю получает, наконец, – в лице учения о биосфере – развитую научно-теоретическую форму. Вот почему столь ошибочно часто встречающееся представление о том, что учение о биосфере – лишь одно из разделов естествознания.

Именно в качестве *развитой научно-теоретической формы общего естествознания* учение о биосфере приобретает огромнейшее *практическое* значение. Заслуга Н. В. Тимофеева-Ресовского состоит в том, что он не только первым заговорил о практической силе учения о биосфере, но и сформулировал принципы внедрения биосферного естествознания в практическую деятельность человечества.

Н. В. Тимофеев-Ресовский подчеркивал, что современное человечество оказалось перед необходимостью всю свою деятельность строить с учетом параметров, определяющих состояние устойчивости, стабильности биосферы и, соответственно, границ этой устойчивости. В этом отношении учение о биосфере одновременно начинает выступать как общетеоретическая *концепция стабилизации* биосферы в условиях все возрастающей нагрузки на нее. Иначе говоря, учение о биосфере оказывается общенаучной основой *охраны природы.*

Здесь следует заметить, что уже в начале века проблема охраны природы была поднята на очень высокий научный и практический уровень, а затем заглохла и позже проявилась в нескольких всплесках краеведческой работы.

В 1910 году в Берне был создан международный Союз охраны природы. Россию представляли ботаник И. П. Бородин и зоолог Г. А. Кожевников. Первоначально организаторы видели проблему в охране *памятников* природы, но довольно скоро вышли на проблему охраны природы в целом, а не только памятников. В те же годы появилась и стала реализовываться идея особо охраняемых территорий-заповедников. Так возникли Баргузинский, Астраханский, Ильменский и другие заповедники.

Сегодня число заповедников в стране достигло полутора сот, свыше 30 из них объявлено биосферными, а Байкал вошел в ранг Всемирного наследия. В наших заповедниках работают – плохо ли, хорошо ли – небольшие научные лаборатории. За годы существования заповедников опубликовано около 500 книг и сборников научных трудов заповедников. Начинает формироваться сеть пограничных между странами заповедных территорий (например, Беловежская пуща – в пограничной зоне с Польшей, Костомукшский – с Финляндией, Берингийский – с Аляской и др.). Разрабатывается концепция национальных парков и т. д.

При Академии наук существует Научный совет по заповедникам, а в Москве – Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы, который хотя и имеет драматическую историю, тем не менее действует как головное научное учреждение по охране природы.

Хотя у заповедного дела много трудностей и проблем, все же оно является важнейшей отраслью биосферного развития науки и человечества.

При нынешней остроте природоохранных проблем и при их социально-обманном нынешнем решении следует привести страничку из истории охраны природы России.

Из моих дневников (А.Н.Тюрюканов):

В середине 50-х годов при Академии наук СССР возникла инициативная группа по охране природы СССР. Ее душой был замечательный русский ученый – профессор Московского университета орнитолог Георгий Петрович Дементьев. Эта группа издала несколько сборников. Она настаивала на необходимости развертывания в СССР работ по охране природы. Тогдашний президент Академии наук СССР Александр Николаевич Несмеянов выразил этим намерениям глубокую искреннюю поддержку. Однако он четко заявил, что пока мы не найдем достойного лидера этой проблемы, способного решать ее на мировом уровне, трудно говорить о создании Института охраны природы при Академии наук СССР. Члены Комиссии не смогли найти такого лидера, но его нашел президент Академии наук А. Н. Несмеянов.

Президент собрал в своем кабинете сравнительно расширенное заседание (приблизительно в 20 человек) и попросил сделать доклад (впервые в истории Академии наук) о состоянии и перспективах природоохранной работы в СССР Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского.

На заседании присутствовали кроме Николая Владимировича и меня А. А. Ляпунов, В. М. Клечковский, В. С. Покровский, Л. К. Шапошников и другие.

Николай Владимирович сделал один из лучших докладов в своей жизни, развернув всю панораму необходимой стратегии охраны природы, Будучи зоологом, он поставил проблему необычайно широко, говоря о радиоактивных загрязнениях наших биогеоценозов, наших почв, о химических загрязнениях биосферы, о необходимости спасения редких видов. Он использовал в докладе свои обширные знания по охране природы в европейских и других странах. Его доклад, эмоциональный, энергичный и многоплановый, своими аргументами и логикой взволновал даже невозмутимого Александра Николаевича Несмеянова. Резюмируя итог доклада (а никто из сидевших не выступил), президент сказал, что на научной платформе, высказанной Тимофеевым-Ресовским, Академия наук пойдет на создание в своей структуре Института

охраны природы. Заключительные слова президента были восприняты молча, и заседание закрылось.

А как потом выяснилось, сразу после заседания Лев Константинович Шапошников помчался в Министерство сельского хозяйства СССР и «запродал» всю проблему в это ведомство. Так на 30 лет проблема охраны природы нашей Родины была спрятана в недра «охотничьего» ведомства, где процветало «охотничье» хозяйство, приведшее к коррупции и разложению наших тогдашних лидеров. И поныне над нашими заповедниками и природоохранной наукой витает тень Минсельхоза и Агропрома, а в заповедниках стоят охотничьи домики бывших руководителей нашего сельского хозяйства.

Жалкое состояние нынешнего Института охраны природы есть следствие того, что в конце 50 – начале 60-х годов дело охраны природы было отдано на откуп высокопоставленным «охотникам» и их мелкокалиберным ученым.

Следствием небрежения стратегическими началами охраны природы, обоснованными Н. В. Тимофеевым-Ресовским и А. Н. Несмеяновым, стали Кыштым и Чернобыль, Байкал и Урал, проекты переброски рек, мертворожденные и дети-уроды, различные заболевания в индустриальных центрах, пестициды, нитраты и многое другое.

Этой драмы в жизни многих миллионов людей можно было бы избежать: если бы прислушались к призывам А. Н. Несмеянова и Н. В. Тимофеева-Ресовского о научном и государственном обеспечении дела охраны природы и не отдали бы его в руки руководителей-браконьеров с псевдовысшим, к тому же, как правило, заочным образованием.

Биосфера в XX веке

И твердит природы голос:
«В вашей власти, в вашей власти,
Чтобы все не раскололось
На бессмысленные части!»

Л. Мартынов

В 1863 году, в год рождения В. И. Вернадского, вышли в свет книги Ч. Лайеля «Геологические доказательства древности человека» и Т. Гексли «О положении человека в ряду органических существ». В этих замечательных книгах впервые была предпринята попытка понять человечество как *природное геологическое и биологическое явление,* стоящее в общем *эволюционном* ряду развития природы.

Спустя 80 лет, в 1944 году, за год до смерти В. И. Вернадского, была опубликована его небольшая заметка «Несколько слов о ноосфере». В этой статье-завещании он говорит о человечестве *как мощной геологической силе,* переводящей биосферу в новое эволюционное состояние – ноосферу. Человечество он рассматривает как особую однородную часть живого вещества биосферы, а научную мысль, открывающую пути и средства преобразования биосферы, – как природное планетное явление.

Становление ноосферы, по В. И. Вернадскому, – это глобальный, то есть общепланетарный, процесс установления гармоничного взаимодействия и взаимосоотношения двух самых мощных геологических сил на планете – живого вещества биосферы и человечества.

Так думал и об этом мечтал В. И. Вернадский.

Но действительность оказалась иной. Взрыв ядерных бомб в Хиросиме и Нагасаки (до этого события В. И. Вернадский не дожил несколько месяцев) означал, что человечество вступило на путь прямой конфронтации с законами жизни биосферы. Завершение второй мировой войны стало началом глобальной радиоактивной войны с живым веществом биосферы. А вслед за этим, почти сразу же, началось химическое отравление биосферы. Быстрыми темпами стал сокращаться зеленый и почвенный покров планеты. К концу нашего века не осталось ни одного вершка земли со здоровой почвой, ни одного водоема с чистой питьевой водой. На финише бурного индустриально-технологического развития послевоенных десятилетий встала проблема выживания человечества.

В 1968 году Н. В. Тимофеев-Ресовский в сборнике научных трудов Обнинского отделения Географического общества СССР опубликовал статью «Биосфера и человечество», в которой писал, что проблема «Биосфера и Человечество» – это «действительно проблема номер один, и проблема срочная. Нам нужно уже сейчас бросить все научные силы на решение этой проблемы». К сожалению, отмечал он, проблема эта «большинством людей недостаточно осознана».

Прошло всего столетие с первых попыток ввести человечество в научную картину природы до формулировки проблемы «Биосфера и Человечество» как самой приоритетной и стратегической задачи науки, от решения которой зависит само выживание человечества.

Столетие – всего лишь 3–4 человеческих поколения. И невольно напрашивается вопрос: куда же завела нас столь стремительная «одиссея» научной мысли, если мы уперлись в стену, называемую «проблемой выживания»?

Что случилось с наукой, если мы «добрались» до этой проблемы?

Ясно, что мы должны «сесть и подумать», как любил говорить Н. В. Тимофеев-Ресовский, о том, каково же *предназначение* и какова *природа научной мысли.*

Над этим вопросом размышляли наши предшественники, жившие на рубеже XIX и XX веков. Это было время, когда научная мысль, созревшая и осознавшая свою силу, мощным и неудержимым потоком влилась в общественную жизнь, оттесняя религиозные и философские способы постижения мира и человека.

Начало века, писал В. И. Вернадский, ознаменовалось «взрывом научного творчества» и «осознанием древности человеческой культуры». Это было новое и неожиданное явление. Обсуждая его в 20-х годах в Париже, в Сорбонне, В. И. Вернадский, Тейяр де Шарден и Ле Руа пришли к выводу, что научная мысль есть биосферно-космическое явление и что ее развитие связано со становлением ноосферы. Ле Руа первым применил термин «ноосфера». Тейяр де Шарден понимал под ноосферой идеальную духовную оболочку (сферу, пласт), находящуюся над биосферой. В. И. Вернадский обратился к этому термину в 30-х годах, сделав акцент на биогеохимической его интерпретации.

Сейчас понятие ноосферы стало предметом самых широких, по большей части предвзятых и произвольных, спекуляций. Долгие годы этот термин, вошедший в моду у философов, был как бы синонимом понятия «коммунизм». Потом на время это слово вышло из моды. А сейчас снова появилось в различных концепциях устойчивого развития. Еще немного, и оно может превратиться в слово-паразит, за которым скрывается нечто совершенно неопределенное, некая туманная мечта о прекрасном будущем.

Нельзя допустить, чтобы из-за «модных веяний» было упущено то конкретное и строгое содержание, которое В. И. Вернадский вкладывал в понятие *ноосферы*, а именно *представление о сопряженном эволюционном развитии биосферы и человечества.* В этой сопряженности заключается основная особенность современного этапа развития биосферы, рассматриваемого в геологическом масштабе времени.

«Понятие ноосферы, – писал В. И. Вернадский в 1936 году, – позволяет ввести представление о том, что историческое развитие человечества есть продолжение биогеохимической истории живого вещества биосферы». Человечество создает и наращивает силу новой формы энергии, которая, «сохраняя в себе проявления обычной биогеохимической энергии, вызывает в то же самое время нового рода миграции химических элементов, по разнообразию и мощности далеко оставляющие за собой обычную биогеохимическую энергию живого вещества планеты. Эта новая форма энергии, которую можно назвать энергией человеческой культуры или культурной биогеохимической энергией, является той формой биогеохимической энергии, которая создает в настоящее время ноосферу»[1]. В создании новой организованности биосферы ярчайшим образом проявляется космическое предназначение человечества.

---

[1] *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., 1977. С. 95.

Естественноисторическое обоснование сопряженности эволюции биосферы и человечества как закономерного звена биосферно-космической эволюции – вот тот главный итог, к которому пришел В. И. Вернадский, осмысливая феномен «взрыва научного творчества» в начале нашего века.

Но, к сожалению, «взрыв научного творчества» незаметно превратился в так называемую научно-техническую революцию, которая вырыла пропасть между человечеством и биосферой. Научно-техническая революция рассматривается как естественная и закономерная преемница промышленной революции XIX века. И это верно, поскольку и та, и другая решали задачу наращивания материально-технической базы общества. При этом понимание природы и предназначения научной мысли ограничивалось рамками тезиса о «превращении науки в непосредственную производительную силу» (К. Маркс).

Оторвав человечество от биосферы, научно-техническая революция приостановила процесс их совместной, сопряженной эволюции. Глобальные экологические проблемы есть следствие нарушения этого планетарного естественноисторического процесса.

Естественноисторический процесс развития человечества был подменен технологическим прогрессом. Борьбу за существование, за условия жизни Ч. Дарвин, как известно, положил в основу эволюции органического мира, в том числе и человечества. В нашем веке развитие человечества стало определяться борьбой за комфортные условия жизни. В этой борьбе техника стала главным его оружием. Но победы, достигнутые на этом пути, обернулись разрушением природных условий существования людей.

Научная литература четко среагировала на этот факт, введя в оборот термин «окружающая среда». Этот термин заменил и понятие природы, и понятие биосферы. Казалось бы, термин «окружающая среда» предпочтителен потому, что включает в себя и «естественную среду», и «искусственную среду» обитания человека. Но на самом деле проблема заключается в том, что могущество человека обернулось глобальным разрушением именно природной среды обитания человека. Поэтому не проблема «человек и окружающая среда», а проблема «Биосфера и Человечество» является узловой проблемой современности. Термин «окружающая среда» правомочен лишь в том случае, если его понимать как часть территории или акватории, где человеком существенно нарушены сложные исторически сложившиеся связи между всеми биологическими популяциями в местах их обитания. Окружающая среда может быть и на Луне, а биосфера как естественноисторическое явление существует только на Земле, делая нашу планету уникальной в обозримом Космосе.

Самоизоляция человека от биосферы – такова цена его борьбы за комфортные условия жизни. И это обстоятельство нашло отражение в самом состоянии современной науки. «История западной науки, – заметил Мей-Ван Хо, профессор биологии Лондонского Открытого

университета, – это не только история «раздробления» картины мира, но и все возрастающего отчуждения от нее человека. Разум поставил себя в положение стороннего наблюдателя за всем происходящим, исключил себя из целостности мироздания, и сегодня мы расплачиваемся за это: драма природы развертывается столь таинственно для нашего взгляда, что мы оказываемся в роли слепых жертв чуждой стихии»[1].

Незаметно для нас техника приобрела существенно новые черты. Как верно подметил В. А. Кутырев, «техника перестает быть нейтральным средством деятельности, она в значительной мере задает наши цели, которые не являются независимыми от средств. И чем мощнее средства, тем мощнее это поле целей. Технические силы требуют приложения. Они обретают собственную логику обоснования и действия»[2]. Это действительно так. Огромнейшие материально-технические средства, оказавшиеся в руках Минводхоза, сделали его независимым от общественного мнения. Остановить антибиосферные акции этого ведомства означает остановить работу принадлежащих ему механизмов. А ведь каждый бульдозер или экскаватор – это по крайней мере одно рабочее место. Борьба за занятость становится несокрушимым аргументом ведомства, а борьба с ведомством – антигосударственной акцией. Так техническое могущество начинает навязывать извращенную логику действия.

Биосфера и технически вооруженное человечество оказались полярными. С углублением конфликта между ними наступил *кризисный этап эволюции биосферы.* Кризисы не раз случались в далеком геологическом прошлом биосферы. Но современный кризис спровоцирован человечеством.

Кризис биосферы – вот самая существенная особенность современной истории человечества. Это одновременно кризисный этап в развитии самого человечества. Именно это основное *противоречие* современной истории нашей планеты Н. В. Тимофеев-Ресовский предельно четко сформулировал как проблему «Биосфера и Человечество».

В послевоенные годы Н. В. Тимофеев-Ресовский уже имел возможность наблюдать и, более того, профессионально научно изучать симптомы приближающейся биосферной катастрофы. И он среагировал решительно и незамедлительно, сформулировав биосферный императив поведения человечества.

Но, к сожалению, до сих пор сознание человечества поражено антропоцентризмом. Отношение к биосфере остается

---

[1] *Хо Мей-Ван.* Еще одна попытка. Новое направление в осмыслении природы// Знание – сила. 1989. № 5. С. 36–37.

[2] *Кутырев В. А.* Человек в «постчеловеческом» мире: проблема выживания// Природа. 1989. № 5. С. 3–10.

чисто потребительским – как к кладовой природных ресурсов. Требуется лишь их «рациональное использование».

До сих пор доминирует технократическая иллюзия, что все проблемы взаимоотношения с биосферой могут быть разрешены путем совершенствования технологий. Создание и внедрение «экологически чистых технологий» рассматривается как основное средство «охраны природы».

Говоря об «охране природы», мы совершаем жульничество, забывая добавить, что речь идет об охране природы от *человека.* Сначала человек уродует природу, а затем оказывается вынужденным ее охранять. Разве это нормальная логика действий? Разве нормально, что людей приучают считать неизбежным потребление пищи, загрязненной нитратами и пестицидами, пить отравленную воду и дышать загрязненным воздухом? Все это, внушают людям, неизбежная «плата за прогресс».

Так называемые экологические проблемы рождены самим человеком, и суть их в том, что человек ищет способ выжить в им самим разрушенной природной среде. Иначе говоря, это проблемы выживания в условиях продолжающейся техногенной экспансии и все возрастающего ее давления на биосферу.

Конечно, экологические проблемы, раз они возникли, нужно решать. Но ведь нужно видеть и то, что они – отражение той ложной, псевдонаучной стратегии развития человечества, которая исповедовалась технократами XX века и преподносилась как величайшая научно-техническая революция.

Сугубо антропоцентристским и технократическим формулам «человек и окружающая среда», «социальная экология», «энвайронменталистика» (так назывались новые научные направления, журналы и научные конференции) Н. В. Тимофеев-Ресовский противопоставил формулу «Биосфера и Человечество».

За различиями этих формулировок стоит различное понимание самого существа дела.

Не «человек и биосфера», а «Биосфера и Человечество». Биосфера должна быть поставлена на первое место. Она первична, человечество же вторично. Биосфера существует более 4 миллиардов лет и включает в себя все разнообразие органических форм живого. Человечество же – лишь один из трех миллионов биологических видов, и его история насчитывает всего несколько сотен тысяч лет. Если и дальше продолжится варварское обращение с биосферой, то человечество исчезнет с лика планеты. Изувеченная биосфера, конечно, выживет и оправится от нанесенных ей ран, но ее история продолжится уже без человечества.

Н. В. Тимофеев-Ресовский подчеркивал, что нужно мыслить категорией «человечество», а не «человек». Странно, что в наших энциклопедиях, в отличие от зарубежных, отсутствует термин «человечество».

«Человек» и «Человечество» – принципиально разные категории. Человек – это прижизненное явление, человечество – историческое и космическое. Человечество – не простая арифметическая совокупность всех людей, обитающих на планете. Человечество состоит из этносов, которые нарождаются, живут и уходят в небытие. Человечеству достается энергетика «былых человечеств», экологическая грязь предшественников и очередное поле трудностей, которые нередко приводят к гибели так называемых народов (в науке обозначаемых как популяции вида Homo sapiens). В динамике этнических процессов решается судьба генетической основы человечества, а следовательно, и его историческая судьба: генетические расщепления и дестабилизация генетической основы ведут к генетическому кризису человечества.

Проблема «биосфера и человечество» – новая для человечества, это проблема нашего, XX, и грядущего XXI века.

В прошлом веке Ч. Дарвин и Т. Гексли ввели проблему человека в русло естественнонаучной мысли, истолковав антропогенез (проблему происхождения человека) как высшее звено в общем ряду эволюционного развития органического мира. Позже был введен геологический ракурс понимания места человека в природе. Возникновение человечества стали рассматривать как наступление новой эпохи в геологической летописи нашей планеты. Эту эпоху Л. де Конт и Ч. Шухерт назвали психозойской эрой, а А. П. Павлов – антропосферой. Объединяя, синтезируя эти эмпирические обобщения своих предшественников, В. И. Вернадский ввел понятие ноосферы как новой геологической эпохи в истории биосферы.

Вхождение человечества в эту новую геологическую эпоху В. И. Вернадский воспринимал с глубоким историческим оптимизмом. В статье «Несколько слов о ноосфере» он писал: «Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее – в новый стихийный геологический процесс – в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны... Мы можем смотреть на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим»[1].

Для В. И. Вернадского проблема взаимосвязи «Биосферы и Человечества» есть выражение трудного, осложненного, но все же закономерного поступательного процесса становления ноосферы. А для Н. В. Тимофеева-Ресовского эта проблема выступила в ином качестве как глобальная проблема выживания человечества и сохранения биосферы. Владимир Иванович сохранял спокойный академический тон, рассуждая о будущем биосферы и человечества. Он рассчитывал на то, что эта проблема постепенно созреет в общественном сознании. А Николаю Владимировичу нужно было достучаться до этого сознания, ему пришлось уже кри-

---

[1] *Вернадский В. И.* Философские мысли натуралиста. М., 1988. С. 510.

чать, чтобы человечество поняло угрожающую ему опасность и срочно озаботилось принятием необходимых мер.

Столетие тому назад еще ничто не предвещало экологической катастрофы, хотя экологические проблемы – и достаточно серьезные – были. Так, в конце прошлого века в России резко ухудшилось состояние черноземных почв, и В. В. Докучаев разработал стройную систему охраны и повышения биопродуктивности черноземов. Тогда же возник кризис и в лесном хозяйстве страны, и ответом на него было создание Г. Ф. Морозовым учения о лесе.

В начале века В. И. Вернадский вышел на понимание глобальности проблемы взаимосвязи «Биосферы и Человечества» и стал целенаправленно выявлять и систематизировать признаки глобального характера деятельности человечества. Он зафиксировал новый феномен в геологической истории нашей планеты – преобразование ее геологического облика за время жизни одного поколения человечества.

В. И. Вернадский отчетливо понимал всю сложность осознания этой проблемы самим человечеством и подчеркивал, что к ней нужно подходить естественноисторически. Он писал: «В гуще, в интенсивности и сложности современной жизни человек *практически забывает,* что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, *неразрывно связаны с биосферой* – с определенной частью планеты, на которой они живут. Они *геологически закономерно связаны* с ее *материально-энергетической структурой.* В общежитии обычно говорят о человеке как о свободно живущем и передвигающемся на нашей планете индивидууме, который свободно строит свою историю. До сих пор историки, вообще ученые гуманитарных наук, а в известной мере и биологи, *сознательно не считаются* с *законами природы биосферы* – той земной оболочки, где может только существовать жизнь. *Стихийно человек от* нее *неотделим.* И эта неразрывность только теперь начинает перед нами точно выясняться... *В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание.* Она выявляется как *планетное* явление *космического* характера» (курсив наш. – *А. Т., В. Ф.*)[1] .

Опасность заключается, предупреждал В. И. Вернадский, в возможности использования научных открытий «на злое и вредное». Уже в 1902 году он говорил: «В настоящее время в области точного знания мы стоим на границе, у подножия, вероятно, крупных открытий. Научная деятельность только что началась, мы едва подошли – и то издалека – к пониманию сил природы, и невольно мысль человека направляется в будущее. Что даст это будущее? Каковы могут быть результаты нашей деятельности? Куда должны быть направлены усилия нашей воли и нашей мысли для достижения более широких и крупных результатов в связи со все той же гуманитарной задачей научного знания, с работой на пользу человечества, с подъемом

---

[1] *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. М., 1988. С. 504.

человеческой личности? Какие средства дадутся на борьбу со злом? Не могут ли быть использованы силы, открытые наукой, на злое и вредное?»[1]

А в 1922 году, говоря о том, что атомная энергия даст человеку «возможность строить жизнь, как он захочет», ученый предупреждал: «Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до уменья использовать ту силу, которую неизбежно должна дать ему наука? Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за все последствия их открытий. Они должны связать свою работу с лучшей организацией всего человечества»[2].

Предостерегая от злоупотребления научными открытиями, В. И. Вернадский все же не ожидал, что превращение человечества мощную геологическую силу может обернуться экологическим кризисом цивилизации, что научная мысль, которая наконец стала выявляться как планетное явление, может оказаться самой разрушительной антибиосферной силой.

В нашем веке быстро стали нарастать признаки деградации биосферы: сокращение генофонда живого вещества, глобальная эрозия почв, исчезновение лесов, быстрый рост пустынь, появление примитивных биоценозов и т. д. Эволюционный процесс пошел вспять; полная жизни цветущая биосфера стала превращаться в мертвую бесплодную пустыню.

«Преобразование» биосферы на деле оказалось небывалым расхищением природных ее ресурсов. В нашем веке добыча минеральных ресурсов удваивалась приблизительно каждые 10 лет. Если бы этот темп добычи сохранился, замечает Б. Скиннер, то через 230 лет (всего лишь 10 поколений человеческой генерации) величина добываемых ресурсов была бы равна массе всей суши, находящейся выше уровня моря.

Вооруженное мощной техникой, человечество не только душит живое вещество, оно начинает вмешиваться и даже приостанавливать ход геологических процессов. Особенно этим отличается газонефтедобывающая промышленность. «Даже если для всего мира количество извлекаемых ресурсов нефти и газа, – пишет Б. Скиннер, – окажется близким к оптимистической оценке, то при сохранении существующей скорости потребления половина суммарных ресурсов будет использована к 2003 г., если же предположить, что газ заменит нефть после того, как нефтяные ресурсы будут исчерпаны, все ресурсы нефти и газа иссякнут к 2015 г. Это показывает, что история неф-

---

[1] *Вернадский В. И.* Набросок речи при открытии кружка философии естествознания в студенческом историко-филологическом обществе Московского университета//Прометей. М., 1988. Т. 15. С. 291.

[2] *Вернадский В. И.* Очерки и речи. Предисловие. Вып. 1. Пг., 1922. С. 11.

ти и газа может оказаться очень короткой – немногим более 150 лет»[1] .

В середине 60-х годов большую озабоченность стал вызывать демографический взрыв – быстрое возрастание численности населения планеты. Резко обострилась и проблема обеспечения продовольствием и биопродукцией.

Н. В. Тимофеев-Ресовский мгновенно отозвался на эту новую беду статьей «Биосфера и человечество», подготовленной для международного журнала «Бюллетень ЮНЕСКО» (1968. № 1). В том же году статья была опубликована и у нас в стране в Научных трудах Обнинского отдела Географического общества СССР. Она долгое время оставалась малоизвестной и лишь в 1983 году была перепечатана в сборнике «Чтения памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского», изданного в Ереване Академией наук Армянской ССР и подготовленного Армянским обществом генетиков и селекционеров имени Н. И. Вавилова. В 1967 году ее напечатал журнал «Химия и жизнь» (№ 7). Ниже мы приводим эту статью.

Одновременно с деградацией биосферы отчетливо обозначились и признаки деградации человечества: геноцид тоталитарных режимов и двух самых кровопролитных мировых войн, наркомания, СПИД, рост генетических заболеваний и т. д. В нашем веке научная мысль и живой человеческий труд были омертвлены в колоссальной массе ядерного, химического и биологического оружия. Именно производство оружия для уничтожения живого населения планеты оказалось самым приоритетным направлением развития производительных сил общества. Разве эта не самая величайшая, убийственная в буквальном смысле, «ирония истории»?

«БИЧ» – аббревиатура выражения проблемы «Биосфера и Человечество». Этот «бич» стегает человечество за его своекорыстные цели, за то, что «Homo sapiens» («человек разумный») превратился в «Homo economicus» («человека экономического»), презревшего законы жизни биосферы. А теперь появился еще и ВИЧ (СПИД, Aids), с буквы «б» перешли на «в». А по алфавиту просто не ходят. Поэзия тому пример. Нужны чрезвычайные меры по охране биосферы и здоровья людей.

Именно в этот момент нужно предельно ясно осознавать, что человечество должно перейти к новой стратегии взаимодействия с биосферой. Суть этой стратегии – раскрытие потенциальных возможностей биосферы, оптимизация ее производительных сил. На это было нацелено внимание Н. В. Тимофеева-Ресовского. Нужно признать, что мы оказались в плену очень суженного, к тому же примитивно-утилитарного отношения к биосфере. Только резко расширив спектр взаимодействия с биосферой, можно увидеть пока скрытые от нас ее сокровища.

---

[1] *Скиннер Б.* Хватит ли человечеству ресурсов? М., 1989. С. 27.

Тогда человечество выполнит свою историческую миссию поднимет биосферу на новую эволюционную ступень развития, и это будет означать эволюцию самого человечества.

Кто сказал: «Все сгорело дотла,
Больше в землю не бросится семя»?
Кто сказал, что земля умерла?
Нет, она затаилась на время.

Материнства не взять у Земли,
Не отнять, как не вычерпать моря.
Кто поверил, что Землю сожгли?
Нет, она почернела от горя.

Как разрезы траншеи легли,
И воронки как раны зияют.
Обнаженные нервы Земли
Неземное страдание знают.

Она вынесет все, переждет,
Не записывай Землю в калеки.
Кто сказал, что Земля не поет,
Что она замолчала навеки?!

Нет, звенит она, стоны глуша,
Изо всех своих ран и отдушин.
Ведь Земля – это наша душа,
Сапогами не вытоптать душу.

Кто поверил, что Землю сожгли?
Нет, она затаилась на время...
(В. Высоцкий. Песня о Земле)

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Биосфера и человечество[1]

Светлой памяти выдающихся наших естествоиспытателей Владимира Ивановича Вернадского (1863–1945) и Владимира Николаевича Сукачева (1880–1967)

<...> Недавно происходил очередной международный демографический конгресс, занимавшийся проблемами народонаселе-

[1] Печатается по: Научные труды Обнинского отдела ГО СССР. Сборник первый. Часть I. Обнинск, 1968.

ния нашей планеты – Земли. Этот конгресс был в основном посвящен вопросу роста народонаселения. Цифры примерно следующие: в 1900 году людей на Земле было примерно полтора миллиарда, сейчас около четырех миллиардов людей населяют Землю. К двухтысячному году нас будет примерно 7 миллиардов, а через сто лет ожидается цифра населения где-то между двадцатью и тридцатью миллиардами.

Но дело не в цифре народонаселения как таковой. Места на Земле и для тридцати миллиардов людей достаточно, и для пятидесяти, и даже для большего числа. Но вот другой аспект проблемы важен: экономисты и ученые естественники на основе наших современных научных знаний примерно оценили, что при достаточно хорошей организации хозяйства Земля может прокормить и снабдить другими видами сырья около десяти – двенадцати миллиардов людей. Из этого следует, что через 100 лет примерно половине народонаселения Земли будет не хватать не только пищи, но и целого ряда других видов биологического сырья, необходимого, как все знают, для самых разнообразных отраслей химической и другой промышленности. Я должен напомнить, что сто лет – это не туманное отдаленное будущее, о котором можно не думать, а это всего лишь три человеческих поколения. Примерная продолжительность одного поколения людей – 30 с небольшим лет, то есть через 100 лет Землю будут населять внуки и правнуки теперешних людей, населяющих сейчас Землю. Следовательно, это время от нас не слишком отдаленное. Из этого видно, что даже нам и ближайшим двум поколениям людей придется, хотят они или нет, разбираться детально в этой проблеме.

Как видите, я пока изобразил проблему в довольно-таки пессимистических тонах. Через 100 лет, выходит, примерно половине народонаселения будет нечего делать на Земле, будет нечего есть, а может быть, и нечем дышать и не хватит воды для питья, для утоления жажды, не говоря уже о промышленности, которая «пьет» воды много больше, чем все человечество вместе взятое.

А теперь попробуем поставить эту проблему иначе, отнюдь не в утопически-фантастическом плане, а на основе того, что мы сегодня можем предвидеть, то есть на основе конкретных научных знаний в области, в первую очередь, биологии и целого ряда других дисциплин, включая математику.

Я должен напомнить, что Земля наша является живой планетой, то есть планетой, на которой развивалась грандиозная по своему своеобразию, разнообразию, да и, как мы сейчас увидим, по общей массе жизнь. Есть, по-видимому, целый ряд планет мертвых, лишенных жизни. Земля же наша является живой планетой, и ее характерной особенностью, в связи с этим, является особая оболочка земного шара, получившая название биосферы.

Биосферой мы называем, следовательно, ту наружную оболочку земного шара, на которой развилась и процветает жизнь: в

форме большого числа разнообразных видов живых организмов, животных, растений, микроорганизмов, населяющих наружные слои земной коры на суше, практически всю толщу гидросферы, то есть Мирового океана, морских и пресных вод, и нижние слои атмосферы, окружающей земной шар.

Один из крупных, если не крупнейший натуралист последнего столетия, наш соотечественник академик В. И. Вернадский, умерший в сорок пятом году глубоким стариком, в целом ряде блестящих работ создал общее учение о биосфере Земли.

Биосфера, как я уже сказал, представляет собой прежде всего пленку жизни, покрывающую земной шар. Общая масса живых организмов или, как мы говорим, общая биомасса Земли примерно была подсчитана Вернадским и его школой и составляет около десяти в шестнадцатой степени тонн. По сравнению с общей массой Земли это не очень много, но, конечно, это огромная масса вещества. Причем не следует забывать, что это вещество живое. Живые организмы постоянно рождаются и отмирают, в живых организмах протекают процессы обмена веществ, следовательно, живые организмы в отличие от неживой, или, как Вернадский говорил, косной, природы, или косного вещества, отличаются тем, что они представляют собой огромный химический завод, превращающий огромные массы вещества и энергии на поверхности нашей планеты.

В этом первое, может быть самое важное, свойство биосферы. Биосфера является существенной составной частью общей жизни Земли как планеты, является энергетическим экраном между Землей и Космосом и той пленкой, которая превращает определенную часть космической, в основном солнечной, энергии, поступающей на Землю, в ценное высокомолекулярное органическое вещество.

Биосфера Земли, выражаясь языком физиков и термодинамиков, является открытой термодинамической системой. В нее поступает энергия извне, из Космоса, в основном это солнечная энергия. В процессе эволюции живые организмы на Земле создали две большие основные группы: организмы автотрофы, способные на основе поглощаемой ими солнечной энергии (например, зеленые растения с помощью фотосинтеза, а ряд микроорганизмов с помощью хемосинтеза) из неорганического вещества создавать органическое вещество, из малых молекул строить большие молекулы; другая группа организмов – гетеротрофы, к которым относимся и мы, может жить, существовать и питаться лишь на основе первичных продуцентов, как их часто называют, организмов автотрофов, о которых я только что говорил.

Таким образом, автотрофы непосредственно используют поступающую на Землю солнечную энергию, создают органическое вещество, а все остальные организмы – гетеротрофы: животные, очень небольшая часть растений, часть микроорганизмов и мы, люди, живем уже на счет или за счет того органического вещества, которое создано автотрофами.

Следовательно, мы имеем энергетический вход в биосферу в форме солнечной энергии. В громадной биомассе биосферы протекают процессы обмена веществ, одни организмы отмирают, другие нарождаются, они питаются друг другом, продуктами друг друга и так далее. Происходит огромный вечный, постоянно работающий биологический круговорот биосферы, целый ряд веществ, целый ряд форм энергии постоянно циркулируют в этом большом круговороте биосферы. И наконец, из этого круговорота есть выход. Живые организмы не образуют идеально замкнутого биосферного круговорота. Часть органического вещества поступает в почву, на дно водоемов, в водные растворы, используется микроорганизмами-минерализаторами, которые, используя эти органические остатки, разлагают их до простых неорганических солей, растворяющихся в воде, и поступают в сток, который в конечном счете кончается в Мировом океане. И вот эти продукты минерализации отмирающего органического вещества, неиспользованные в биологическом круговороте биосферы, образуют, осаждаясь из водных растворов, осадочные, или вторичные, горные породы, мощным слоем покрывающие лик Земли. Другими словами, из живого круговорота биосферы для части вещества и энергии есть выход, так сказать, в геологию, путем формирования вторичных, осадочных горных пород. Таково общее представление о биосфере: энергетический вход в виде солнечной энергии, большой биосферный круговорот и выход из него в геологию, в осадочные горные породы.

В связи с нашей проблемой, с той проблемой, которую я вначале поставил: как же быть со все нарастающей численностью людей на Земле, возникает вопрос: «Что может этот большой биологический круговорот в биосфере давать людям?» Эту проблему можно рассмотреть по трем основным пунктам, или местам, только что описанной мною биосферы: 1) на энергетическом входе, 2) в биологическом круговороте биосферы и 3) на выходе из биологического круговорота в геологию.

Начнем с энергетического входа. На поверхность Земли падает определенное количество солнечной энергии. Конечно, сработать биологически может только та часть этой солнечной энергии, которая поглощается организмами-автотрофами, в основном зелеными растениями, способными к фотосинтезу. Так вот, из всей падающей на Землю солнечной энергии лишь определенный процент, точно это подсчитать не так-то легко, скажем, примерно от трех до восьми процентов, падающей на Землю солнечной энергии поглощается зелеными растениями. Из поглощенной энергии не вся идет на фотосинтез. Как и в технике, в живой природе мы можем говорить о КПД – о коэффициенте полезного действия, то есть лишь часть поглощенной зелеными растениями энергии используется растениями в фотосинтезе. Процент поглощенной солнечной энергии, используемой растениями, опять-таки подсчи-

тать его точно нелегко, составляет примерно от 2-х до 8-ми процентов. При этом очень существенно заметить, что разные виды и группы растений обладают разным КПД. Так вот, уже на входе человечество может кое-что сделать для того, чтобы растительность поглощала больше поступающей на Землю солнечной энергии, а для этого необходимо повысить плотность зеленого покрова Земли. Пока мы, люди, в своей хозяйственной, промышленной деятельности и в быту скорее сокращаем эту плотность зеленого покрова Земли, небрежно обращаясь с лесами, лугами, полями, строительными площадками. Недостаточно озеленяя пустыни, степи, мы снижаем плотность зеленого покрова. Но как раз современная техника и уровень современной промышленности теоретически позволяют нам проделать обратную работу, то есть повышать всемерно на всех пригодных для этого площадях земной поверхности и в водоемах, особенно пресноводных, плотность зеленого покрова. Эта плотность зеленого покрова повысит процент поглощенной растениями солнечной энергии; причем повысить его, как показывают расчеты, можно минимум в полтора, может быть, даже в два раза, и тем самым удастся повысить биологическую производительность Земли.

Выше было сказано, что КПД – коэффициенты полезного действия разных видов растений, могут быть очень различны, варьируя от двух до восьми, а может быть, у ряда форм растений и более процентов; следовательно, здесь открывается для человечества еще одна возможность: разумно, конечно, на основе предварительного точного изучения КПД различных видов растений специалистами-физиологами, стараться повышать процент участия в растительных сообществах, покрывающих Землю, растений с наивысшим, а не наинизшим КПД. Этим опять-таки можно на какую-то цифру, в полтора раза или меньше или больше повысить уже тот процент солнечной энергии, который усваивается растениями и через фотосинтез растений ведет к производству органического вещества на Земле.

Значит, уже на входе в биосферу, на энергетическом входе можно выиграть, ну, скажем, фактор-2, то есть повысить биологическую производительность Земли в два раза. Напомню – это то, что нам совершенно необходимо через сто лет.

Теперь перейдем к основному большому круговороту биосферы. Тут опять-таки мы, люди, хозяйствуем пока что очень небрежно, мы уничтожаем или подрываем воспроизводимые запасы животных и растений на планете, мы небрежно и неумно часто используем промысловые запасы лесов, зверей, рыб и так далее. Здесь только путем рационализации использования «дикой» живой природы можно сделать очень много. При общем повышении плотности зеленого покрова Земли легко будет повысить плотность и животного населения Земли, которое в конечном счете питается растительным покровом, прямо или косвенно. Путем

точного изучения воспроизведения масс растительности, воспроизведения запасов полезных человеку животных, пушных зверей, копытных, морских зверей, птиц, рыб и целого ряда беспозвоночных, особенно в океане, мы сможем резко повысить полезную для человека продуктивность этого гигантского круговорота в биосфере. Но мы можем, и мы на пути к этому, повысить и продуктивность сельскохозяйственных культур, культурных растений и домашних животных. Ведь как раз за последнее десятилетие в генетике, науке о наследственности, мы все глубже проникаем в структуру и работу генотипа, наследственного кода информации, передаваемого от поколения к поколению в живой природе.

Когда мы будем знать более или менее точно структуру и работу этих генотипов, мы сможем резко повысить эффективность и ускорить селекцию сельскохозяйственных культур – культурных растений и домашних животных, с целью резкого повышения их производительности, полезной для человека. Ведь не следует забывать, что большинство сейчас используемых культурных растений и домашних животных – продукт одомашнивания, окультуривания, приручения и высева их около своих жилищ нашими далекими полудикими предками. Из почти трех миллионов видов животных, растений и микроорганизмов, населяющих Землю, человек может извлечь целый ряд видов, вероятно, много более полезных ему и более высокопродуктивных, чем те, которые он использует сейчас. Поэтому в большом биосферном круговороте человек на основании уже сейчас предвидимых научных возможностей может получить в два, три, а может быть, и большее число раз больше продукции полезных для себя веществ, чем он получает сегодня. В Японии используется уже сейчас более 20-ти видов водорослей для пищевых и кормовых целей, постоянно растет использование беспозвоночных, населяющих Мировой океан, вводятся в культуру новые виды растений, а иногда и животных и так далее. Теперь вспомните, если мы на энергетическом входе сможем получить фактор-2, то есть за счет увеличения процента поглощаемой растениями солнечной энергии и повышения среднего КПД растения можем увеличить продуктивность, скажем, в два раза, да на большом биосферном круговороте повысить ее еще в 3 – 4 раза, два на три, четыре – получается в 6 – 8 раз, то есть мы можем в 6 – 8 раз повысить продуктивность биосферы Земли. И еще раз повторяю: это все на основании того, что научно уже сейчас понятно и возможно.

Есть еще одна очень важная, но нерешенная биологическая проблема. Дело в том, что Земля наша всюду и всегда населена более или менее сложными комплексами многих видов живых организмов, сложными сообществами или, как биологи называют их, – биоценозами. Так вот, мы до сих пор не знаем, почему в течение долгого времени (большого числа поколений живых организмов) такие сложные сообщества, если человек их не подрывает, не портит, не видоизменя-

ет, способны находиться в состоянии равновесия между составляющими их видами.

Почему это так, – мы, положим, знаем. Потому что вся эволюция на Земле проходила в приспособлении живых организмов не только к неживой внешней среде, но и друг к другу, так сказать, в результате эволюции организмы оказываются хорошо «притертыми» друг к другу. Поэтому причина возникновения такого равновесия нам понятна. Но механизмы, управляющие такими равновесными системами, нам пока не известны. И вот одной из задач новой нашей советской дисциплины – биогеоценологии, созданной недавно скончавшимся крупнейшим и старейшим нашим биологом академиком Владимиром Николаевичем Сукачевым, и является точное изучение отдельных, местных, так сказать, биогеоценотических круговоротов, в сумме составляющих общий круговорот веществ в биосфере, и изучение условий и закономерностей, создающих равновесное состояние, а также условий и воздействий, нарушающих эти равновесия.

Человеку ведь, переделывая, улучшая сообщество в живом покрове Земли, придется делать это, не нарушая равновесия, а так, чтобы переводить сообщества живых организмов в разных местах из одного, менее выгодного для человека и менее продуктивного, в более выгодное и более продуктивное равновесное состояние.

Что значит нарушить равновесие, мы уже знаем. Вспомните общеизвестный пример: завезение кроликов в Австралию. На новом месте в Австралии у кроликов не оказалось естественных врагов – хищников и паразитов. Они размножились в таких количествах, что стали в Австралии национальным бедствием. И со времени их завезения в XIX веке по настоящее время затрачено сотни миллионов, если не миллиарды долларов на борьбу с кроликам, которая достигла эффективных значений лишь в самое последнее время, за последние два – два с половиной десятилетия. Когда англичане в Новую Зеландию и Австралию пожелали завезти свои знаменитые английские розы, оказалось, что на новом месте розы съедались начисто за один сезон тлями. Выяснилось, что у тли, завезенной вместе с розами, на новом месте опять-таки нет естественных врагов. Равновесие было восстановлено лишь тогда, когда из Европы завезли жучков – божьих коровок, которые являются основными врагами тли, и тогда восстановилось равновесие, стали произрастать розы, розы ела тля, а тлей стали есть божьи коровки, которых опять-таки держали в приличных пределах численности разные птички, которые клевали божьих коровок, восстанавливая равновесие в розарии. Я привел два примера, но таких примеров можно привести сотни, сотни и сотни.

Следовательно, когда человек разрешит проблему равновесия в живой природе, он из биосферного круговорота сможет извлечь еще много больше, потому что он тогда действительно сознательно, научно, на рациональных основах сможет в свою пользу и по своему усмотрению изменять и улучшать биологические сообщества, населяющие Землю. Если из этого возникнет возможность еще в полтора

раза увеличить производительность биосферы, то мы уже получим вместе с предыдущими возможностями более чем 10-кратное увеличение биологической продуктивности Земли.

И наконец, последний, третий пункт – выход из биосферы. Сейчас мы знаем, что в ряде мест на Земле, на дне некоторых озер вместо ила, который минерализуется живыми организмами до растворимых неорганических солей, постепенно образуется сапропель, чрезвычайно интересное и ценное органическое вещество, состоящее в основном из углеводов, белков и жиров. Этот сапропель уже сейчас используется людьми. Японцы, например, высшие сорта его превращают в пищевые вещества, следующие более низкие сорта – кормовой материал для скота, а самые низкие сорта сапропеля употребляют в качестве органических удобрений, У нас сапропель тоже уже употребляется, например, в кондитерской промышленности в качестве заменителя желатина и агара. Но употребляется он пока людьми в очень незначительном количестве. Так вот, дело не в сапропеле как таковом, а гораздо в большем; в будущем на выходах из большого биосферного круговорота будут сидеть инженеры-биотехники, задачей которых будет не допускать деградации вещества, выходящего из большого круговорота биосферы, до состояния малоценных мелких молекул, неорганических солей, в конечном счете какой-нибудь известки, получаемой из известняков, образующихся в виде осадочных горных пород в океанах и морях. Эти инженеры-биотехники будут ловить выходящие из круговорота биосферы вещества в формах значительно более ценных больших органических молекул: углеводов, белков и жиров, бесконечно более полезных людям. Это третий пункт, где люди смогут повысить продуктивность Земли.

Я начал с пессимистичной констатации соотношения очень быстрого прироста народонаселения земного шара и естественной ограниченности биологических запасов на Земле. Однако, рассмотрев то, что происходит в биосфере, и то, что мы уже знаем благодаря работам наших крупнейших ученых Вернадского, Сукачева и ряда других, мы приходим к оптимистическому прогнозу: не в два, а в 10 с лишним раз человек может повысить продуктивность Земли, не подорвав производительных сил ее биосферы.

Наконец, я хочу указать на следующее: мы привыкли рассуждать о биологической продуктивности Земли главным образом с точки зрения пищевых ресурсов для нас самих. Но ведь биосфера Земли – эта гигантская живая фабрика, преобразующая энергию и вещество на поверхности нашей планеты – формирует и равновесный состав атмосферы, и состав растворов в природных водах, а через атмосферу – энергетику нашей планеты. Она же влияет и на климат. Вспомним огромную роль в круговороте влаги на земном шаре испарения воды растительностью, растительным покровом Земли. Следовательно, биосфера Земли формирует все окружение человека. И небрежное отношение к ней, подрыв ее правильной работы будет означать не только подрыв пищевых ресурсов людей и целого ряда нужного лю-

дям промышленного сырья, но и подрыв газового и водного окружения людей. В конечном счете люди без биосферы или с плохо работающей биосферой не смогут вообще существовать на Земле.

Из этого видно, что это действительно проблема номер один, и проблема срочная. Нам нужно уже сейчас бросать все научные силы на решение этой проблемы. Для этого нужно точно инвентаризовать наше живое окружение, в чем мы тоже сильно отстали. Нужна большая работа зоологов, ботаников, гидробиологов, которые бы точно и хотя бы полуколичественно инвентаризовали виды растений, животных, микроорганизмов, населяющих разные территории и акватории, разные регионы нашей планеты, в первую очередь обширного нашего отечества. Нужны физиологи, биохимики, биофизики, генетики, которые бы изучили интимные, глубинные механизмы жизни, которые позволили бы селекционерам, сельским хозяевам, биотехникам, промысловикам рационально, полно и много богаче, чем сейчас, использовать живые ресурсы Земли.

Наконец, проблема равновесия, о которой я упоминал, это проблема для математиков и кибернетиков, без их участия ее не разрешить. А как я уже говорил, ее разрешение поможет людям разумно изменять свое живое окружение. Вот примерно то, что каждый должен знать и постоянно обдумывать в отношении той проблемы, которую я поставил вначале. Надо не забывать, что людям ее решать придется, хотят они этого или нет. И ведь жизнь на земном шаре, человеческая жизнь, пока протекает не очень мирно, поэтому, несомненно, будет в ближайшее время еще существовать соревнование, конкуренция разных стран, разных континентов, разных больших регионов Земли. И нам в этой конкуренции отставать нельзя. Наоборот, вся история естествознания, русского естествознания XIX и XX веков, дает возможность именно нам, советским ученым, эффективнее других, целостнее и рациональнее приступить к изучению научных основ этой большой проблемы – проблемы «Биосферы и Человечества».

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Биосфера и эволюция

Глава из книги[1]

...Наряду с косными (физико-географическими) факторами на эволюцию каждого вида живых организмов влияют многие факторы биотической среды. Нельзя забывать, что в действительности каждый вид в природе существует в пределах определенного комплекса абиотических и биотических условий – в определенном

---

[1] В сокращении. Печ.: *Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1969.

биоценозе, населяющем определенную территорию (или акваторию). Такие комплексы различных биоценозов с населяемыми ими территориями в сумме образуют биосферу Земли. Поэтому в заключение нам надо рассмотреть, хотя бы кратко, биосферу в эволюционном аспекте.

Термин «биосфера» впервые употреблен Э. Зюссом в его классическом труде «Лик Земли» (1875), а после него рядом других исследователей, но ни достаточно строгой формулировки этого понятия, ни точного определения границ биосферы, ни исследования значения биосферы в общей энергетике и геохимической работе Земли этими авторами сделано не было; да и сам термин «биосфера» применялся в разных модификациях. Лишь В. И. Вернадский, пришедший на основании своих геохимических исследований к выводу об исключительно большом значении живых организмов в протекании геохимических процессов на земной поверхности и в формировании лика Земли, сформулировал общее учение о биосфере в своей замечательной работе 1926 года «Биосфера».

По В. И. Вернадскому, биосфера включает в себя собственно «живую пленку» Земли, или биосферу в узком смысле слова (сумму населяющих Землю в каждый данный момент живых организмов – «живое вещество»), а также область «былых биосфер», очерченную распределением на Земле биогенных осадочных пород. Живые организмы населяют всю гидросферу, нижние слои тропосферы и верхние слои литосферы (обычно проникая в ней на глубину десятков метров, а с подземными водами доходя до глубин в пару километров) <...> В. И. Вернадский в первом приближении определил общую биомассу биосферы (около 10^{15} т), примерное участие живых организмов в концентрации ряда химических элементов (как минералообразующих, так и особенно рассеянных) в земной коре и природных водах и распределение биогенных пород по лику Земли; в связи с этим из общей геохимии (одним из главных создателей которой он был) В. И. Вернадский выделил особую дисциплину – биогеохимию, главной задачей которой является изучение участия живых организмов в концентрации различных химических элементов и определение границ и состава пород верхних слоев литосферы в разных биогеохимических провинциях. Наконец, В. И. Вернадский в своем общем учении о биосфере впервые подошел к проблемам эволюции биосферы в целом, связанным с общей эволюцией живых организмов на Земле и с биогеохимическими связями между ними, а также к вопросу о значении воздействия промышленно-технической деятельности человечества на биосферу, ее геохимическую работу и состояние равновесия в ней. Придавая большое значение ставшей весьма мощной деятельности человечества (он считал, что человечество стало «новым геологическим фактором»), В. И. Вернадский предложил выделить ту часть биосферы, на которой особен-

но сильно сказывается воздействие человека, в понятие «ноосфера» (Вернадский, 1944).

Созданная В. И. Вернадским биогеохимия является дисциплиной геохимической. На основе биогеохимии и работ Б. Б. Полынова о коре выветривания и первичном почвообразовании в последнее время развивается чисто географическая дисциплина учение о геохимических ландшафтах (Полынов, 1953, Перельман, 1955). Но из общего учения о биосфере В. И. Вернадского неизбежно также следовала необходимость формулировки «встречной», в основном биологической, комплексной дисциплины, изучающей конкретную работу отдельных биоценозов в общем биогеохимическом круговороте Земли.

Такая дисциплина была создана В. И. Сукачевым. Изучая и классифицируя различные фитоценозы (Сукачев, 1927, 1935, 1956), он прежде всего подошел к заключению о нецелесообразности попыток разделения биоценоза и биотопа, биотических и абиотических неизбежно связанных и друг на друга воздействующих элементов территории; далее В. Н. Сукачев совершенно правильно усмотрел в биосфере Земли более или менее дискретные подразделения, отделенные друг от друга различными границами биогеоценозы. Биогеоценозы являются элементарными структурными подразделениями биосферы и в то же время – элементарной единицей биологического круговорота, т. е. протекающей в биосфере биогеохимической работы. Дисциплина, занимающаяся выделением, количественным описанием компонент и изучением вещественно-энергетического круговорота в биоценозах, была названа В. Н. Сукачевым биогеоценологией (Сукачев, 1947–1967). Нижними и верхними границами биогеоценотической оболочки Земли являются верхние водонепроницаемые слои грунтов и горных пород (верхние водоносные слои подземного стока) и нижние слои тропосферы (в которых происходит миграция и обмен биогенных газов и аэрозолей). Биогеоценозы являются системами динамическими, но характеризующимися в то же время способностью находиться в течение достаточно длительного биологического времени (многих поколений живых организмов, входящих в биогеоценозы) в состоянии динамического равновесия. Биогеоценозы лишь флуктуируют по качественному и количественному составу входящих в их биоценозы видов и интенсивности биогеохимической работы в связи с флуктуациями абиотической среды, но возвращаются к типичному модальному состоянию. Таким образом, биогеоценозы являются элементарными биохорологическими единицами и элементарными ячейками биогеохимической работы в биосфере Земли (Сукачев и Дылис, 1964; Тимофеев-Ресовский и Тюрюканов, 1966).

В эволюционном аспекте особый интерес представляет изучение динамики численности, морфо-физиологии и генетики популяций, границы которых совпадают с границами определенного

биогеоценоза (что является, по-видимому, отнюдь не исключением, а правилом для видов с не слишком крупными и подвижными особями). Особенно интересным и важным является количественное установление связей и корреляций между динамикой, морфофизиологией и генетикой популяций разных видов, достаточно тесно взаимодействующих в пределах определенных биогеоценозов; именно в этом направлении следует ожидать накопления новых количественных данных о давлениях элементарных эволюционных факторов в природных условиях.

Большинство биогеоценозов, находящихся в состоянии относительно длительного динамического равновесия, представляет собой весьма сложные саморегулирующиеся системы. Поэтому особенно важной является проблема изучения причин, механизмов и условий поддержания такого динамического равновесия в биогеоценозах. Для этого, однако, необходимо проведение больших работ в двух направлениях.

С одной стороны, необходимы тщательные количественные возможно полные и достаточно длительные стационарные исследования нескольких различных природных биогеоценозов; в качестве таковых целесообразно для начала избрать возможно простые биогеоценозы разного типа (например, «осиновые кусты» и «березовые колки» в лесостепи, серию лугово-кустарниковых биогеоценозов в речных поймах и на склонах, отдельные болотины или озерки в лесной и таежной зонах и т. д.). Такие комплексные исследования должны учитывать количественно в течение различных сезонов года и в ряде последующих лет все живые и косные элементы биогеоценоза, а также динамику и превращения энергии и веществ на входе в биогеоценоз – в биологическом круговороте и на выходе – в сток и в атмосферу. Сходные исследования должны проводиться на модельных биогеоценозах с известными исходными компонентами и возможностью экспериментально изменять отдельные определенные параметры. Таких исследований пока, к сожалению, почти не проводится: наилучше исследованным в этом отношении участком биосферы является, по-видимому, Теллермановское лесничество в Воронежской области, где более 30 лет назад В. Н. Сукачевым были организованы комплексные биогеоценотические исследования дубравы (Сукачев, 1961, Молчанов, 1963).

С другой стороны, столь же необходимо развивать теоретическое изучение условий и механизмов, создающих равновесные состояния в популяциях и биогеоценозах. Задачей таких исследований является создание математических, а затем и машинных моделей процессов установления и нарушения состояния динамического равновесия между генотипами в популяциях и видами в биогеоценозах; такие исследования лишь начинаются. Без знания условий и механизмов поддержания и нарушения динамического равновесия в биогеоценозах нельзя понять и правильно схемати-

зировать действительное протекание эволюционных процессов в природе, всегда совершающихся в динамических биогеоценозах и их более крупных комплексах – ландшафтах. Тем более без этих знаний человек не сможет рационально и с действительной пользой для себя вмешиваться в процессы, протекающие в биосфере Земли.

В предвидимом будущем, несомненно, примут конкретные формы уже упоминавшиеся идеи В. И. Вернадского об эволюции биосферы в связи с эволюцией «живого вещества» и начнет развиваться новый раздел эволюционной биологии – эволюция биогеоценозов и биосферы. В этом направлении большое значение будет иметь развитие уже начатых работ в области эволюционной биохимии – изучения изменений основных биохимических структур и процессов в филогенезе организмов (Белозерский, 1962, 1964), с распространением таких исследований на некоторые фундаментальные биохимические структуры, такие, как хлорофиллы и гемоглобины. С другой стороны, большой интерес могут представить в этой связи (к сожалению, почти еще не проводящиеся) работы по точной популяционной сравнительной морфофизиологии и аллелопатии на популяциях филогенетически близких и весьма далеких видов в разных типах биогеоценозов.

Наконец, с эволюционно-биохимической и генетической точек зрения интересно начать изучение случаев возникновения новых штаммов патогенных микроорганизмов и форм вредителей, по отношению к которым применяемые человеком средства защиты или иммунитет культурных растений и домашних животных оказываются неэффективными; эти случаи представляют собой протекание на наших глазах быстрого формообразования, нарушающего эволюционно сложившееся биогеоценотическое равновесие и взаимоприспособленность входящих в биоценозы видов.

...Все упомянутые в предыдущих абзацах соображения имеют не только академическое значение: необходимо задуматься о границах биологической производительности Земли. Из только что сказанного следует, что людям совершенно необходимо: во-первых, организовать строгую охрану природы и разумную организацию промыслов (не подрывающих природные запасы), а во-вторых, серьезно приступить к обширным мероприятиям, направленным на резкое повышение биологической производительности Земли и интенсификацию биологических круговоротов в природных и культурных биогеоценозах. Нормально работающая биосфера Земли не только снабжает человечество пищей и ценнейшим органическим сырьем, но и поддерживает в равновесном состоянии газовый состав атмосферы и растворы природных вод. Подрыв человеком (количественный и качественный) работы биосферы, следовательно, не только снизит продукцию органического вещества на Земле, но и нарушит химическое равновесие в атмосфере и природных водах. Однако промышленная мощь уже сей-

час достаточно велика для производства мелиоративных работ любого масштаба. Действительно, первичная биологическая производительность Земли связана с использованием поглощенной солнечной энергии первичными продуцентами в фотосинтезе и хемосинтезе. Если человечество вместо разрушения и сокращения перейдет к повышению средней плотности зеленого покрова Земли (для чего уже имеются все технические возможности), то только этим путем на энергетическом входе в биосферу биологическая производительность Земли может быть резко (по примерным прикидкам, в два-три раза) повышена, особенно в том случае, если в процессе мелиорации и повышения плотности зеленого покрова человек повысит в нем участие видов зеленых растений с высоким «коэффициентом полезного действия» фотосинтеза. Но уже для такой интродукции полезных видов в сообществе растений совершенно необходимо знание условий поддержания и нарушения биогеоценотического равновесия; иначе возможны «биологические катастрофы», большое число примеров которых хорошо известны. Далее, рационализируя биогеохимическую работу природных и культурных биогеоценозов, поставив на разумную основу теоретически исключительно богатые охотничьи, зверобойные, рыбные, лесные и другие промыслы, а также введя в культуру из огромного запаса диких видов новые группы микроорганизмов, растений и животных, человек может еще в два-три раза повысить биологическую производительность и полезную ему биологическую продуктивность биосферы. Огромны также возможности селекции окультуренных микроорганизмов и растений в ближайшем будущем, когда селекционеры смогут использовать быстро развивающиеся достижения современной молекулярной генетики и феногенетики; к этому присоединяется развитие «экспериментальной эволюции» культурных растений, основанной на отдаленной гибридизации и создании полиплоидных форм. Агротехнике, несомненно, предстоит также переход на новые формы, резко повышающие урожай, может быть, с переходом от монокультур к поликультурам. Наконец, на выходах из биологических круговоротов люди ближайшего будущего должны будут научиться «ловить» не малоценные, мелкомолекулярные продукты конечной минерализации органических остатков, а крупномолекулярное органическое вещество типа сапропелей. Все вышесказанное отнюдь не утопично, а лежит в пределах реальных возможностей науки и техники предвидимого будущего. Всему этому и должно служить развитие общего эволюционного учения на широком современном уровне с учетом того, что оно неизбежно затрагивает и оплодотворяет самые разнообразные разделы общей и прикладной биологии; эта мысль и лежала в основе написания настоящего очерка.

Только что очерченные весьма кратко задачи необходимо и неизбежно придется решать в течение ближайших двух-трех поко-

лений. Возможно не только не снизить производительность биосферы Земли, но повысить ее на порядок величин, применяя технически уже сейчас вполне реальные мероприятия. Однако для того чтобы эти мероприятия были действительно эффективны, необходимо их научное обоснование – всемерное развитие эволюционной биологии в широком смысле слова, морфо-физиологии и генетики популяций, биогеоценологии и особенно решения проблемы равновесия в живой природе.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

От докучаевских зон природы до космических экосистем[1]

История биогеоценологии начинается с развития в конце прошлого века типичной русской научной дисциплины – почвоведения и, в частности, с замечательных работ В. В. Докучаева, создавшего научные дисциплины – географическое и генетическое почвоведение.

Результатом выдающихся работ В. В. Докучаева в области почвоведения было создание учения о зонах природы. Современная география, в особенности в ее типичном ландшафтологическом аспекте, выросла из этого докучаевского учения о зонах природы. Вероятно, самым замечательным учеником Докучаева, – человеком, деятельность которого возвеличивает Докучаева, даже если бы Докучаев, кроме воспитания этого ученика, ничего не сделал, – был В. И. Вернадский.

Вернадский, как известно, – и это очень характерно для традиции русской науки, – был ученым очень широкого профиля и, будучи по профессии минералогом, занимался построением и был одним из зачинателей современной геохимии, учения о судьбах элементов земной коры.

В этой работе Вернадский встретился, естественно, с внушенным ему его учителем учением о зонах природы, учением о почвах, как результате деятельности природных факторов на поверхности нашей Земли, формирующих лик Земли, ее «биосферу» (Вернадский подхватил это слово, которое употреблял Зюсс в очень неопределенном смысле), и занялся построением общего учения о биосфере Земли, т. е. той сфере нашей планеты, в которой основную роль играют живые организмы.

---

[1] Статья написана в соавторстве с О. Г. Газенко. Природа. М.: Наука, 1971. № 6. С. 8.

Биосфера Земли, хотя и обладает, как говорил Вернадский, «всюдностью», совершенно ясно имеет дискретное подразделение на леса, болота, луга, степи и т. д.

Другой наш замечательный современник В. Н. Сукачев, развивая учение о биосфере, проделал очень простую вещь: вместо того чтобы спорить, где кончается биоценоз и где начинается биотоп, объединил биоценоз с биотопом, сформулировав положение о дискретной структурной единице биосферы, т. е. структурной биогеоценологической единице и в то же время элементарной единице биогеохимической работы в биосфере. Этой единицей и является биогеоценоз. Биогеоценоз – реальное природное явление. Это часть биосферы. Его, может быть, трудно в природных полевых условиях найти и отграничить, но теоретически он вполне ясен, и имеется немного столь же теоретически ясных понятий в области изучения биосферы нашей планеты.

Самое удивительное в жизни нашей планеты, что такой, например, биогеоценоз, как лес, при определенных удачных условиях в течение десятков тысяч лет может сохраняться без существенных изменений. Что это именно так, говорит хорошо разработанный теперь споровопыльцевой анализ, в создании которого очень существенную роль сыграл В. Н. Сукачев.

Эта устойчивость – совершенно удивительная вещь. Сложнейший ценоз длительно сохраняет стабильность, и вместе с тем мы знаем, как легко эту стабильность нарушить.

При неизбежной перестройке биосферы нашей планеты, значительном увеличении относительной значимости в биосфере антропогенных биогеоценозов, с одной стороны, а с другой – при создании долгосрочных (далеко не вечных) стабильных систем, необходимых, например, для развития космической биологии, нужно будет создавать и изучать действительно модельные биоценозы. Они будут включать более или менее стабильные живые и косные, как говорил Вернадский, константы, находящиеся в состоянии длительного равновесия и позволяющие заменять собой замкнутые системы, термодинамически, конечно, открытые.

НА «СТЫКЕ» ТРЕХ РЕАЛЬНОСТЕЙ. РАДИАЦИОННАЯ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ

Два синтеза Космоса

Многи препоны в потоках жизни. Многи опасные камни и стремнины. У счастья много врагов... Среди мрачных врагов будет и чрезмерная механизация нашего века. Механизация может глушить народное творчество. Механизация может разрушить культуру. Даже цивилизация может страдать от непомерной механизации.

Н. К. Рерих

«Можно видеть в представлениях человека о Космосе *два синтеза,* по существу *совершенно разных,* находящихся на разных стадиях своего развития и *едва ли совместимых между собой...*»

Здесь речь идет о сформулированном В. И. Вернадским в 1917 году эмпирическом обобщении о сосуществовании в науке двух научных картин мира, «двух синтезов Космоса» – физической и натуралистической картин мира. Это обобщение в значительной мере придало ясность и строгость учению о биосфере. Оно столь важно для понимания развития науки в нашем веке и ее современного состояния, что лучше всего предоставить слово самому В. И. Вернадскому и продолжить цитату.

«...С одной стороны – отвлеченное представление *физика или механика,* где все сводится в конце концов на немногие нашими органами чувств и даже нашим сознанием не охватываемые в образной форме представления об эфире, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. В сущности этот мир Космоса дает нам *совершенно чуждое,* нас не трогающее впечатление и, очевидно, представляет *схему, далекую от действительности* даже тогда, когда мы превратим его в своеобразный хаос движущихся без порядка частей или, наоборот, в своеобразную машину, регулируемую мировым разумом или той или иной формой божества. Эта абстракция является *удобной формой научной работы,* входит в научное мировоззрение, *но не охватывает его всего, не проникает даже все области естествознания, она явно неполна,* как неполны по сравнению с

природными объектами все отвлеченные и идеальные создания человеческого разума, *всегда упрощающие реальные объекты,* подлежащие нашему изучению. Эта схема строения Мира слишком рационалистична, проникнута человеческим разумом, подобно религиозным концепциям теологов.

Наряду с этой – физической – картиной Космоса *всегда существует* другое о нем представление – *натуралистическое, не разложимое на геометрические формы, более сложное и более для нас близкое и реальное,* которое *пока* тесно связано не со всем Космосом, но с его частью – с *нашей планетой,* то представление, какое всякий натуралист, изучающий *описательные науки,* имеет об окружающей его природе. В это представление всегда входит новый элемент, отсутствующий в построениях космогоний, теоретической физики или механики – элемент *живого.* Эти представления о природе не менее научны, чем создания космогоний или теоретической физики или химии, и ближе для многих, хотя они также неполны, как и геометрические схемы упрощений мысли физиков, но они менее проникнуты призрачными созданиями человеческого ума и дают нам другие стороны Космоса, оставленные последними вне своих абстрактных построений.

Мы не можем и не должны забывать существования этих двух *несовместимых представлений* о *Природе.* Наблюдая ход истории научной мысли, необходимо констатировать, что *эти два мировоззрения проходят рядом, существуют как-то, не влияя друг на друга, разделяются разными людьми,* работающими в значительной мере независимо *друг от друга.* Я говорю именно о научных, а не философских построениях Космоса, которых, может быть, есть и много больше, чем эти два понимания Природы в естествознании. Наблюдая факты истории научной мысли, нельзя не отметить, что ученые, держащиеся натуралистического мировоззрения на Природу, столь же мало в своей научной работе испытывали влияние физического мировоззрения, как мало они испытывали влияние философских упрощений Космоса или мистических о нем представлений вроде сведенборгианства»[1].

Это замечательнейшее высказывание В. И. Вернадского опубликовано в книге «Живое вещество», подготовленной по рукописям ученого В. С. Неаполитанской и И. И. Мочаловым, наиболее проникновенно охватившими научное наследие Владимира Ивановича. Мы позволили себе выделить курсивом места, которые наиболее выразительно, с присущей Владимиру Ивановичу точностью , глубиной и цельностью мысли характеризуют сущность физического и натуралистического (а теперь мы можем с полным основанием говорить – биосферного) «синтеза Космоса».

Это огромное по значимости эмпирическое обобщение В. И. Вернадского выявляет основное внутреннее противоречие развития есте-

---

[1] *Вернадский В. И.* Живое вещество. М., 1978. С. 13.

ствознания, особенно в XX веке. В нынешнем мировом научном сообществе существует своего рода аберрация зрения – развитие науки в XX веке представлено как развитие исключительно физической научной картины мира: Эйнштейн, Бор, Гейзенберг, Борн, Ферми, Дирак, Резерфорд и многие другие – ослепительно сверкающая плеяда звезд физической мысли XX века. Эти имена наполняют школьные и вузовские учебники. Они сотворили представление о физической мысли как идеале строгости и точности научной мысли. Все многочисленные книжки по философии, логике и методологии науки опираются исключительно на материалы по истории развития физической мысли нашего века.

И вот в этом – большая неправда и непростительная ошибка всей современной литературы по истории науки. А правда состоит в том, что в начале XX века развернулась соревновательная гонка между двумя основными научными мировоззрениями, между «двумя синтезами Космоса». В 20-е годы физика, преодолев внутренний кризис, вызванный открытием радиоактивности, вырвалась на «оперативный простор», и появилась теория относительности А. Эйнштейна и квантовая механика с последующим непрерывно и быстро углубляющимся развитием научных идей в области физики.

Но именно в это время возникает фундаментальный класс наук о биосфере. Науковедение игнорирует или, мягко говоря, недооценивает тот факт, что 20 – 30-е годы XX века оказались критическим моментом в истории не только отечественного, но и мирового естествознания. По существу, в эти годы сформировались все необходимые теоретические предпосылки для решения ключевого вопроса разработки стратегии развития науки и человеческой цивилизации – вопроса о *переходе от технологического к биосферному типу мышления.*

В соревновательный спор двух научных мировоззрений вмешались силы, далекие от науки. Материально-финансовую и кадровую поддержку получило развитие технологии, а технологическая мысль базируется на физической картине мира. Понадобилось всего несколько десятилетий, чтобы обнаружился катастрофический результат такой однобокой технологической ориентации. XX век называют веком научно-технического прогресса, а он оказался веком войн. Глобальные экологические проблемы, проблема выживания человечества свидетельствуют о том, что правильнее было бы говорить о псевдонаучном прогрессе.

Власть техники и технической мысли (технократия) оторвала человечество от биосферы. Натуралисты относили технические науки к разряду прикладных, а технократы превратили их не просто в самостоятельный, но доминирующий фактор развития современной науки. Так образовался глубочайший разрыв между научной и технической мыслью.

Беда в том, что этот разрыв камуфлируется, так как и научная, и техническая мысль оперируют одними и теми же научными понятиями и законами, одними и теми же методами исследования,

прибегают к одним и тем же принципам построения научных теорий. Казалось бы, они имеют одну и ту же природу. Но на самом деле это не так.

Как только техническая мысль оторвалась от биосферной основы человеческой деятельности, эта ее общность с научной мыслью превратилась в фикцию. Более того, техническая мысль превратилась в некоторую противоположность мысли научной.

Понимание этой противоположности становится самой принципиальной позицией в современной науке. Если это обстоятельство будет упущено из поля зрения, мы никогда не поймем, почему ученый, вооруженный технической мыслью, трудится над изготовлением оружия, способного уничтожить жизнь на планете, почему технологическая мощь обернулась глобальным экологическим кризисом. Никогда не поймем, почему всегда подыскиваются различного рода политические и экономические оправдания антибиосферных деяний технократии. Мы дожили до призывов «гуманизации науки». Как далеко мы ушли назад от представления В. И. Вернадского о научной мысли как планетном явлении биосферы, оплодотворенной разумом человечества!

Резко сформулированная Н. В. Тимофеевым-Ресовским проблема «Биосфера и Человечество» как раз и обнажает опасность отождествления научной мысли с технической.

В свое время В. И. Вернадский отмечал, что термодинамическое поле организма отлично от термодинамического поля биосферы. Автомобиль, бетонные коробки зданий, загрязненная биопродукция – это новое термодинамическое поле, в котором человек перестает быть биологическим видом Homo sapiens. Рождается и активно внедряется в сознание людей «капсюльное мышление» как исторически закономерный путь или способ выхода человека из состояния биологического вида. Но это всего лишь разрыв с многообразием и вариантностью взаимосвязей между организмами в биосфере, то есть разрыв с организованностью биосферы. Это технократическое безумие перестает в конце концов считаться с живым веществом биосферы и с самим человеком как живым существом.

Наш уже уходящий в небытие XX век, по существу, оказался веком торжества *минерального царства* на Земле. Всю свою интеллектуальную, производственную и финансово-организационную мощь человечество отдало освоению косного (неживого) вещества планеты. Оно организовало мощные вещественно-энергетические, а теперь и информационные потоки вещества, но это – потоки *косного* вещества. Добыча и транспортировка минерального вещества, осуществляемая человечеством, стала сравнимой по масштабу с переносом вещества в результате стихийных природных процессов. Синтезируются тысячи новых химических соединений, тоннами вещество забрасывается в космос.

Сделав ставку на минеральное царство, человечество презрело растительное и животное царства. К растениям и животным стали

относиться лишь как к носителям косного вещества. Произошла глобальная «минерализация» живого вещества. Не биоэнергетика, а энергетика косного вещества; не организованность живого, а механизмы и химизмы косного вещества; не естественноисторически сложившиеся формы органических и биосферных систем, а технологическая работа с формами косного вещества – вот что стало основным содержанием всей производственной деятельности человечества.

Вот почему было дозволено бульдозерами срывать почвенный покров, а химической индустрии отравлять живое вещество. Вот почему даже само изучение биохимических процессов в живых организмах было ориентировано на разработку новых технологических приемов, а изучение физиологии и анатомии организмов – на создание систем, управляющих технологическими процессами. Вот почему экология, которая по своему исходному назначению и по своему смыслу является наукой о взаимодействии организмов и популяций с окружающей средой, на деле оказалась сугубо прикладной научной дисциплиной о приспособлении живых организмов к условиям техногенной цивилизации, иными словами, эта дисциплина сориентирована на обслуживание дальнейшей работы с минеральным царством и совершенно теряет из поля зрения планетарно-космическую роль живого вещества *и* эволюции планеты и человечества.

Главный смысл эволюционно-планетарной деятельности человечества В. И. Вернадский видел в том, что оно (человечество) вводит в биосферу новые – *культурные* – формы *биогеохимического* круговорота вещества. В этом отношении культивирование минерального царства составляет одну из важнейших целей в общем естественноисторическом процессе развития ноосферы, однако эта цель должна быть достигнута на биосферной, а не технологической основе.

Мы ослеплены силами, обнаруженными наукой в минеральном царстве, и не замечаем самую мощную организующую силу планеты – ее живое вещество. Мы не видим, что главный ресурс развития человечества заключается в организованности живого вещества в биосфере.

Нельзя в полной мере понять и оценить характер и масштабность личности и научного творчества Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, не учитывая его активного противостояния напору технологического мышления. Ему принадлежит афоризм: «Техника в руках варваров есть величайшее зло». Вслед за В. И. Вернадским он утверждал, что не техногенез, а совместная, сопряженная эволюция биосферы и человечества есть путеводная звезда к научному «синтезу Космоса».

Волей судьбы и по характеру личности Николай Владимирович оказался в самой гуще событий, решавших судьбу естествознания в 20 – 30-х годах. Для большинства ученых следующей ге-

нерации главенство физической картины мира воспринималось как аксиома, как факт очевидный и не допускающий ни малейшего сомнения. А для Николая Владимировича научный спор физического и биосферного мировоззрений был живой тканью всего научного творчества. Его мысль свободно двигалась в рамках обоих мировоззрений и неутомимо искала многообразные связи между ними.

Сотрудничая с физиками и математиками различных школ, Николай Владимирович усвоил силу и значение строгих научных определений, понятий и терминов. Именно это позволило ему раньше других естествоиспытателей-биологов найти общий язык с физиками и математиками. Его коллеги по профессии отставали и уступали ему, а он со свойственной ему напористостью шел в ближний бой с физиками (и математиками) и учился их «физической» логике. Так созревал идейный наследник Н. И. Вавилова и В. И. Вернадского, которому суждено было (в связи с гибелью в тюрьме одного и кончиной другого) приступить к возрождению учения о биосфере.

В силу своего научного воспитания и развития, в силу своей родословной Николай Владимирович не мог позволить себе, чтобы было прервано развитие естественноисторического мышления, не мог допустить распада связи времен. Он не мог не бороться с тем, что так называемая научно-техническая революция создала пропасть между человечеством и природой. В его лице биосферное мировоззрение – впервые за многие десятилетия – стало реальной силой, противостоящей беспардонному силовому давлению физического мировоззрения. Это был бой Человеческий. В этой борьбе его поддерживали огромный и высококлассный темперамент Борца, Мудрость и Вера.

В борении с противоестественными разрушительными силами, которые объяли человечество, кому-то надо было вызвать огонь на себя. Он взял на себя эту задачу. Но для этого надо было найти и назвать цель. Он нашел эту цель и назвал ее: связь времен, народов и всего человечества воплощалась в общем учении о биосфере.

Возрождать учение о биосфере нужно было не только с учетом резкого обострения проблемы «Биосфера и Человечество», но и с учетом новых научных направлений, возникших в послевоенное время. Тесное содружество с физиками и математиками позволило Н. В. Тимофееву-Ресовскому открыть новое научное направление в биосферном естествознании – изучение роли живого вещества в управлении биосферными процессами.

Первым шагом на этом пути стало создание Николаем Владимировичем новой науки – радиационной генетики. Исследования в области радиационной генетики давали возможность реально работать с такими элементарными структурами и явлениями организма (гены и их мутирование), которые позволили, с одной

стороны, применить к биологии новейшие принципы квантовой физики, относящиеся к явлениям микромира, а с другой стороны – развить целый ряд положений кибернетического характера, продвигающие нас существенно вперед в понимании общего хода эволюционного процесса в органическом мире и в поведении организмов. Как отмечал Н. В. Тимофеев-Ресовский в своей совместной статье с Р. Р. Ромпе «О статистичности и принципе усилителя в биологии», опубликованной в ежегоднике «Проблемы кибернетики» (1959), «в радиационной генетике речь идет о взаимодействии между излучениями малой плотности и определенными элементарными биологическими единицами (генами), причем действующий извне фактор (излучение) и реагирующие единицы (гены) являются элементарными образованиями в смысле микрофизики».

Здесь исследование имеет дело с той областью, в которой элементарные биологические акты оказываются элементарными и в физическом отношении. Это, в свою очередь, позволяет выявить строение потоков информации, управляющих онтогенезом, и те физические процессы, которые участвуют в перекодировании генетической информации. Обобщая анализ типов статистичности в живой природе, Н. В. Тимофеев-Ресовский в упомянутой выше статье приходит к предположению, что «наличие дискретных групп среди организмов во всяком случае является своеобразным, грубым и в то же время ярким отражением квантовой природы структуры вещества». Так он с новой стороны раскрывает универсальность физических явлений.

В радиационной генетике, таким образом, впрямую сталкивались теоретические принципы физики и биологии. Это – одно из красноречивых противоречий развития науки.

Личностное отношение к противоречивости научного развития может быть различным. А. Эйнштейн, например, говорил, что развитие науки развертывается как «драма идей». Случалось, ученые не выдерживали «напряженности противоречий», их судьба ломалась. Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский никогда не был склонен к драматизации чего-либо. Когда его однажды спросили, что самого важного он внес в науку, он не замедлил с ответом: «Никогда не вносил в науку звериную серьезность». И добавил: «По-моему, это мое достижение в науке... Никогда не терял юмора».

Работа в области радиационной генетики привела Николая Владимировича к замечательным эмпирическим обобщениям, которые он в очень ясной и присущей ему лапидарной манере изложил в статье «Генетика, эволюция и теоретическая биология».

Как открытие радиоактивности вызвало кризис в физике, так и открытие менделевских законов наследственности начало сотрясать теоретические основы дарвинизма, только-только утвердившиеся и получившие всеобщее признание. «Генетика в нашем

веке, – говорил Николай Владимирович, – появилась в качестве запоздалого, но совершенно необходимого звена более ста лет тому назад увиденного гениальным Дарвином механизма эволюции». И примечательно, что становление генетики было бы невозможно без активного вмешательства физики. Здесь-то и встал вплотную вопрос о теоретических принципах биологии.

Оказалось, что «пока никакой теоретической биологии, сравнимой с теоретической физикой, нет. То, что сейчас порой называется теоретической биологией, то с XIX в. известно как общая биология». И по этому поводу Николай Владимирович высказывает очень поучительное замечание: теоретическую биологию нужно строить, во-первых, на естественноисторической основе и, во-вторых, на базе «точных и продуманных экспериментов». О необходимости соблюдать эти условия свидетельствует исторический опыт биологии. Особенно ярко это проявилось, как показывает Н. В. Тимофеев-Ресовский, на судьбе Дарвина и Менделя.

Неразвитость теоретического аппарата биологии отчетливо видна при сравнении биологии с изощренной теоретической структурой физики. В вышеупомянутой статье Н. В. Тимофеев-Ресовский замечает, что «теоретической биологии сегодня нет или не было до самого последнего времени, – потому что нет (или не было до самого последнего времени) общих естественноисторических биологических принципов, сравнимых с теми, которые уже давно – начиная с XVIII в. – существуют в физике. Сейчас можно пока говорить, по-видимому, лишь о двух таких общих принципах».

Первым принципом является естественный отбор, а вторым – принцип конвариантной редупликации дискретно построенных кодов наследственной информации[1]. В разработке и доведении до ясности второго принципа самое непосредственное участие принял Н. В. Тимофеев-Ресовский. Второй принцип может служить примером плодотворнейшего творческого содружества ученых, владеющих различным концептуальным научным аппаратом. С одной стороны – биолог Н. В. Тимофеев-Ресовский, с другой – привлеченные им к работе физики М. Дельбрюк и П. Дирак. В основу работы была положена созданная Н. К. Кольцовым физико-химическая модель хромосом и генов. Николай Владимирович, как вирусом, заразил зарубежных физиков идеями Н. К. Кольцова. Хорошо известная книга Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики» была написана под его непосредственным влиянием. В 50-х годах Дж. Уотсон и Ф. Крик, расшифровав молекулярную структуру ДНК, носительницы генетической информации, блестяще подтвердили принцип конвариантной редупликации. Это открыло путь к биосинтезу белка, и началась эра молекулярной биологии.

---

[1] Подробнее об этом см. далее статью Н. В. Тимофеева-Ресовского «Генетика,эволюция и теоретическая биология».

Н. В. Тимофеев-Ресовский высказал предположение о возможности третьего общего естественноисторического принципа в биологии. Его он связывал с вопросом: «Обязательна ли прогрессивная эволюция при долговременном действии естественного отбора?»

Тут возникает, говорил он, настоящая научная математическая проблема в биологии, для решения которой «нужен замечательный математик или даже группа замечательных математиков, являющихся в то же время глубокими мыслителями. Видимо, нужно найти какие-то математические методы, с помощью которых можно было бы решить вопрос более или менее окончательно и точно».

Таким замечательным математиком, оказавшимся рядом с Николаем Владимировичем, был Алексей Андреевич Ляпунов. Одной из ведущих тем его научных исследований была проблема моделирования природных и особенно живых систем. Кибернетика является общенаучной дисциплиной, изучающей наиболее общие (т. е. относящиеся к любого рода системам – живым и неживым, техническим и социальным) принципы и механизмы регуляции и управления в системах.

Важность такого направления исследований была огромной не только в общенаучном, но и в философском смысле. Ведь речь шла о поиске единой функциональной (а не только субстанциональной) основы для самых разнообразных форм материальных образований. Практическая значимость такого поиска была несомненной.

Здесь-то и был главный источник дискуссий Николая Владимировича с Алексеем Андреевичем. Николай Владимирович утверждал, что управление имеет место только там, где есть живое. «На Луне нет управления, потому что там нет жизни» – так афористично формулировал он свою позицию.

Научные споры лишь укрепляли их дружбу. Как и Николай Владимирович, Алексей Андреевич ненавидел лысенковщину и делал все ему доступное, чтобы защитить генетику и генетиков. Когда Николай Владимирович вернулся в Москву, его стали приглашать читать лекции по генетике. Читал он лекции и на семинаре А. А. Ляпунова на мехмате МГУ. Физики и математики, химики и кибернетики заслоняли его от атак лысенковцев.

Очень тепло Николай Владимирович относился к выдающемуся математику Игорю Андреевичу Полетаеву – автору замечательной книги «Сигнал». Это был замечательный человек рахманиновского типа. Полетаев активно откликнулся на идею создания математических биогеоценотических моделей.

Он был тот самый «физик», на которого обрушилась идеологическая махина, получившая известность как спор «физиков» и «лириков».

Игорь Андреевич был исключительным лириком, но из-за технического профессионализма его обозвали «физиком». Его оппоненты, называвшие себя лириками, таковыми не были. Они были политиками и затруднили доступ к народу одного из выдающихся талантов.

Первые работы по математическому моделированию биосферных и биогеоценотических систем принадлежат А. А. Ляпунову и И. А. Полетаеву. Имена этих двух великих ученых останутся на страницах истории человечества.

Вот с такими людьми работал Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Не принижая достоинств работы Римского клуба, с глубоким сожалением хочется сказать, что если бы тогдашняя власть не душила мысли ученых, то «московский клуб» под руководством Н. В. Тимофеева-Ресовского, А. А. Ляпунова, И. А. Полетаева и других талантливых естествоиспытателей дал бы более точный прогноз состояния современного человечества.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Генетика, эволюция и теоретическая биология[1]

В нашем веке старая физическая картина мира, выражением которой можно считать детерминизм в стиле Огюста Конта, заменилась совершенно новой общей физической картиной мира. Эта новая картина мира пока не имеет официального названия и ее можно условно назвать «квантово-релятивистской», потому что она построена на современной теории квантовой физики и теории относительности.

Новая картина мира принципиально отличается от старой. Старая физическая картина мира была очень неудобна людям, во всяком случае, многим из нас. Представим себе абсолютный огюст-контовский детерминизм: каждое мельчайшее движение содержится в мировой формуле, которой мы сейчас не можем пользоваться только по неведению и недостаточности данных. Нет свободы совести и свободы мнений: любое мнение, которое можно высказать, уже содержится в этой знаменитой формуле, и потому, например, писать эту статью тоже не имело бы смысла; просто надо собрать побольше математиков и разработать эту общую формулу и еще несколько тысяч дополнительных, которые помогут пользоваться этой главной. Такой детерминизм, в сущности, определяет бессмысленность любой практической деятельности: обществу не к чему стремиться, так как все предусмотрено и пре-

[1] Печ. по: Чтения памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1983.

допределено формулой. Нам, людям, в этом мире делать было бы нечего.

Новая физическая картина мира в этом отношении принципиально отличается от старой. Она дает нам жить, дает людям свободу для планирования наших индивидуальных, общественных, коллективных, социальных, политических, экономических действий и, в частности, свободу совести, без которой нельзя жить. Это и есть главное достижение естествознания нашего столетия, не всеми сознаваемое. Кроме того, в нашем столетии были и другие достижения. В биологии главным достижением было создание генетики.

Генетика в нашем веке появилась в качестве запоздалого, но совершенно необходимого звена более ста лет тому назад увиденного гениальным Дарвином механизма эволюции. Дарвин действительно у в и д е л в природе принцип отбора и благодаря этому смог построить основы эволюционной теории. Дарвин назвал свою главную книгу «О происхождении видов путем естественного отбора», тем самым предельно ясно дав понять, что эволюционная теория должна строиться на основе приложения принципа естественного отбора к тому, что он назвал «неопределенной изменчивостью» – ненаправленной, статистической изменчивости, касающейся как самых крупных, так и самых мелких признаков.

На приложении принципа естественного отбора к этой неопределенной изменчивости, которую он всюду видел в природе (а смотреть он умел и видел очень многое, чего до него не видели), он и построил теорию эволюции.

К сожалению, во времена Дарвина ничего не было известно об элементарном эволюционном материале. Цитологии практически не существовало, хромосом никто не знал, а главная менделевская работа была опубликована позже основной книги Дарвина. Все это делало гигантскую работу, произведенную Дарвином, какой-то беспочвенной: в основе теории эволюции была «неопределенная изменчивость», которую никто ясно себе не представлял.

В самом конце XIX – начале XX века произошло вторичное открытие менделевской работы в пяти различных странах на девятнадцати различных объектах. Это с самого начала позволяло прекратить рассуждения о случайности и единственности этих явлений и сразу показало всеобщность менделевской наследственности в живой природе. Только тогда можно было начать разговоры о серьезном построении теории эволюции на генетической основе.

Необходимо напомнить в этой связи о замечательной школе американских цитологов Уилсона. В этой школе, лучшей среди других немецких, английских и американских школ, в то время был закончен первый этап формирования цитологии мейоза, т. е. созревания половых клеток, и цитологии оплодотворения. Так вот, Уилсон в 1902 году напечатал в «Science» коротенькую замет-

ку. В ней он первым обратил внимание на наблюдения Сэттона и Мак-Клэнга, работавших в его лаборатории, что описание мейоза и оплодотворения есть не что иное, как цитологическое отображение гениальной гипотезы Менделя о наследственных факторах и чистоте гамет.

Судьба Менделя напоминает судьбу Дарвина. Дарвин ведь не создал эволюционное учение, как это часто и необоснованно считают популяризаторы: это учение было известно задолго до Дарвина и создавалось и Аристотелем, и Линнеем, и многими другими: в этом у Дарвина было много предшественников. Гениальность Дарвина была в том, что он первым увидел в природе принцип естественного отбора, естественноисторический механизм эволюции живых существ. Гениальность Менделя не в том, что он открыл законы наследственности, как это часто и необоснованно считается: эти законы порознь были известны до работ Менделя в результате исследований в основном практиков-селекционеров (Кельрейтера, Найта, Сажре, Нодена и ряда других). Гениальность Менделя была в том, что он первым в экспериментальной биологии проводил точные и продуманные эксперименты, смог точно учесть полученные результаты и сформулировал гипотезу чистоты гамет. Тем самым он дал ясную и неоспоримую интерпретацию тем результатам, которые он получил в своих опытах с горохом.

Работы Менделя и, в особенности, Дарвина могут быть, по-видимому, положены в основу будущего здания теоретической биологии, которая пока отсутствует.

Пока никакой теоретической биологии, сравнимой с теоретической физикой, нет. То, что сейчас порой называется теоретической биологией, то с XIX века известно как общая биология. Уже в начале нашего века были созданы ставшие потом классическими книги по общей биологии: «Общая биология» Хартмана и «Общая зоология» Кюна в Германии, ряд книг Холдена и Хаксли в Англии, а также замечательная книга «Биологические основы зоологии» Владимира Михайловича Шимкевича у нас. Эти книги до сих пор не устарели; хорошие книги не стареют. Заблуждаются те, которые считают, что Дарвин устарел. Каждому биологу и сегодня полезнее прочесть еще раз книгу самого Дарвина, чем изданную полгода назад брошюру о Дарвине. Позже появился прекрасный курс общей биологии Бляхера, а в последние десятилетия особенным успехом пользуется переведенная на многие языки книга Вилли «Биология».

Теоретической биологии сегодня нет – или не было до самого последнего времени, – потому что нет (или не было до самого последнего времени) общих естественноисторических биологических принципов, сравнимых с теми, которые уже давно – начиная с XVIII века – существуют в физике. Сейчас можно пока говорить, по-видимому, лишь о двух таких общих принципах в биологии.

Первым таким принципом, известным уже более 100 лет, является, несомненно, принцип естественного отбора. Вспыхивающие иногда споры о том, годится ли дарвинский принцип естественного отбора, или его необходимо заменить каким-то другим, не выдерживают серьезной критики. Нормальным биологам не приходится спорить о естественном отборе; это примерно то же самое, что утверждать, будто брошенный стакан падает на потолок, а не на пол. Разве только неискушенные в биологии математики могут всерьез утверждать и доказывать, что природа в своем развитии могла бы обойтись без естественного отбора.

В биологии уже есть и второй естественноисторический всеобщий принцип, хотя о его существовании пока менее известно, чем о естественном отборе.

В конце 20 – начале 30-х годов сначала мы с Дельбрюком, а потом Дираком (одним из членов знаменитого копенгагенского клуба замечательных физиков и математиков, сгруппировавшихся вокруг Бора), исходя из созданной Кольцовым физико-химической модели хромосом и генов, увидели, что всюду, где какие-то элементарные существа размножаются, строят себе подобных рядом, – всюду имеется репликация молекул. В отличие от процесса роста кристаллов, где тоже есть репликация молекул, мы называли эти присущие живому процессы репликации редупликацией. Одно из главных проявлений жизни состоит не в том, что нарастает масса живого, а в том, что множится число элементарных индивидов, особей. При этом некое элементарное существо строит себе подобное и отталкивает его от себя, давая начало новому индивидууму. Этот процесс целесообразно называть не просто размножением, а именно редупликацией.

После появления на свет в XX веке генетики постепенно стало ясно, что у всех живых организмов существует спонтанный мутационный процесс, что мутации наследственны и что они посредством редупликации передаются следующим поколениям живых существ. Обсуждая с Дельбрюком и Дираком возможность формулировки связанного с этим явлением общебиологического исторического принципа, мы придумали выражение, по-моему очень удобное, – к о н в а р и а н т н а я р е д у п л и к а ц и я, т. е. редупликация живых частиц, включающая наследственные вариации. В разговорах и спорах стало ясно, что конвариантная редупликация дискретно построенных кодов наследственной информации, по-видимому, является вторым общебиологическим естественноисторическим принципом.

Мне кажется, что эта формулировка второго общебиологического принципа еще недостаточно строга и совершенна: нужно еще немного поспорить и подумать. Однако уже и сейчас ясно, что мы все же имеем сегодня два общебиологических естественноисторических принципа; принцип естественного отбора и тот, который пока предварительно можно назвать принципом конва-

риантной редупликации дискретных кодов наследственной информации, передаваемых от поколения к поколению.

Сегодня мне кажется возможным предложить для обсуждения еще один естественноисторический биологический феномен, как весьма перспективный для формулировки третьего биологического принципа. Этот феномен касается больного места всех биологов – проблемы так называемой прогрессивной эволюции.

Пока нет не то что строгого или точного, но даже мало-мальски приемлемого, разумного, логического понятия прогрессивной эволюции. Биологи до сих пор не удосужились сформулировать, что же такое прогрессивная эволюция. На вопрос – кто прогрессивнее: чумная бацилла или человек – до сих пор нет убедительного ответа.

На мой взгляд, вопрос ставится так: обязательна ли прогрессивная эволюция при долговременном действии естественного отбора или нет; другими словами, обязательно ли длительное действие естественного отбора приводит к прогрессивной эволюции. Тут возникает настоящая научная математическая проблема в биологии. Пока большая часть математической биологии или биологической математики мало что дает для развития биологии. Такие математики больше нас, биологов, знают способов анализа и обращения с математическими формулами. Однако, как правило, это отнюдь не ведет к углубленному пониманию существа биологических процессов. Приведу один характерный пример. В конце 20 – середине 30-х годов я имел честь и удовольствие участвовать в разработке основ современной физико-химической формы интерпретации принципов попадания, мишени и усилителя в радиобиологии. Тогда в Германии был институт физики металлов, где работала группа ученых, заинтересованных в применении строгих математических принципов к радиологии. Они опубликовали около 20 небольших статей, в каждой из которых в среднем около 20 формул, малопонятных для биологов. Отчасти по моей инициативе удалось заинтересовать в этой работе Макса Дельбрюка, первоначально «чистого» физика и математика, ученика Макса Борна и Нильса Бора, а также удалось заинтересовать Гайзенберга и Борна. После примерно года работы нашего коллоквиума в Берлин-Бухе удалось среднее число формул в последующих публикациях свести с 20–25 до 2–3, при более глубоком проникновении в существо явлений и понимании описываемых процессов. Говорят, что очень крупный французский математик Пуанкаре говорил – я потом то же самое слышал от Нильса Бора, – что если человек не понимает проблему, он пишет много формул, а когда наконец поймет, в чем дело, остается в лучшем случае две формулы.

Итак, для решения проблемы, ведет ли естественный отбор, продолжающийся практически бесконечно долго, обязательно к прогрессивной эволюции или не ведет (хочется думать, что ведет),

на мой взгляд, нужен замечательный математик или даже группа значительных математиков, являющихся в то же время глубокими мыслителями. Видимо, нужно найти какие-то математические методы, с помощью которых можно было бы решить вопрос более или менее окончательно и точно. От решения этого вопроса зависит, получим ли мы третий естественнонаучный принцип в биологии, который можно было бы использовать для построения теоретической биологии. Я принимал деятельное участие в формулировке второго принципа, но сейчас считаю, что не только я, но никто не может всерьез сегодня ответить на вопрос, ведет ли отбор автоматически к прогрессивной эволюции.

Прежде чем передать эту проблему для решения в руки математиков, нам, биологам, предстоит, во-первых, сформулировать, что же такое прогрессивная эволюция, а во-вторых, выяснить, возможны ли разные типы прогрессивной эволюции. На нашей планете осуществлены разные пути эволюции. Так, мы знаем минимум два типа высшей нервной деятельности: наш, который можно назвать условнорефлекторным, и характерный для насекомых, который можно назвать безусловнорефлекторным. Разве не замечателен строй общественных насекомых? Как отличалась бы жизнь на Земле, если бы победителями и в известной степени царями природы стали бы не мы, люди, а общественные насекомые! Не было бы, например, таких вещей, как мораль и героизм: с точки зрения жалящей и погибающей от этого пчелы нет никакого героизма в этом поступке, она, пчела, к этому поступку и предназначена и обладает специальными приспособлениями. Не было бы этики и других возвышенных вещей, которые есть и будут всегда, пока на Земле живут люди, у которых есть свободная воля и которые живут по условнорефлекторному типу нервной деятельности.

Нам, биологам, нужно строго и точно сформулировать (а если окажется возможным, то и определить) ряд понятий, которыми предстоит воспользоваться при формулировке общих естественноисторических принципов, нужных для построения теоретической биологии. После этого наступит период, когда придется продумывать самые различные общие схемы построения возможной теоретической биологии, которая была бы не просто общей биологией.

Потребуется ли формулировка других (кроме трех названных выше) общих биологических принципов для построения теоретической биологии – покажет будущее. Однако уже сейчас можно предвидеть, что первой задачей теоретической биологии станет оценка эволюционной теории. Биологам тогда откроется возможность рассмотреть и понять, какие условия, какие дополнительные воздействия будут направлять и формировать характер той прогрессивной эволюции, которая будет создаваться естественным отбором.

Три реальности

Как бабочки, они сжигают крылья
На холоде бенгальского огня.
А. *Вертинский*

«Микромир – макромир – мегамир» – такую схему природы сконструировало физическое мышление. «Больше – меньше» – вот и вся логика такого конструирования. Нет в этом холодном рассудочном мышлении ни Жизни, ни Человека.

Совсем иной строй мышления был у В. И. Вернадского. Он говорил о существовании трех реальностей – реальности Биосферы, реальности Космоса и реальности Микромира. Вот как он сформулировал это свое фундаментальнейшее эмпирическое обобщение: «Мы должны различать три реальности: 1) реальность в области жизни человека, природные явления ноосферы и нашей планеты, взятой как целое; 2) микроскопическую реальность атомных явлений, которая захватывает и микроскопическую жизнь, и жизнь организмов, даже посредством приборов не видную вооруженному глазу человека и 3) реальность космических просторов, в которых солнечная система и даже галаксия теряются, неощутимые в ноосферическом разрезе мира»[1].

Неожиданно и в то же время характерно в этом эмпирическом обобщении то, что в качестве критерия трех реальностей В. И. Вернадский вводит «область жизни человека», «ноосферический разрез мира», способность человека с той или иной полнотой «охватить» каждую из реальностей.

Здесь Реальность Биосферы, в которой протекает жизнедеятельность Человечества, оказывается узловым моментом охвата всей Природы в целом – от «микроскопической реальности» до «космических просторов». В этом нет ничего удивительного: ведь, согласно В. И. Вернадскому, организованность биосферы выражает организованность Космоса, его логику. Данное научное положение о трех реальностях есть не что иное, как определение биосферы.

В. И. Вернадский нигде не дает определения биосферы по образцу, принятому во всех энциклопедиях. Он использует так называемые остенсивные (описательные) определения.

Дать определение биосферы действительно трудно, ибо здесь не может быть использован обычный способ определения через указание на родовые и видовые признаки. Для нас, по крайней мере в настоящее время, биосфера Земли – уникальное, единственное в своем роде природное образование. Не имея возможности сравнить ее с каким-либо другим подобным образованием, мы не

---

[1] *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста//Научная мысль как планетное явление. Кн. 2. М., 1977. С. 54.

в состоянии определить ее через указание на родо-видовые признаки.

И все же В. И. Вернадский нашел наиболее адекватный способ определения биосферы – через выявление ее соотношения с реальностью микромира и реальностью Космоса. Критерием анализа этого соотношения служит понятие организованности, которое, по В. И. Вернадскому, является основным свойством биосферы: живое вещество, действующее в биосфере, придает материи, в том числе и косной, новую структурную организованность.

Биосфера – всего лишь наружная оболочка нашей планеты, составляющая, можно сказать, ничтожную часть ее общей массы. Однако по уровню организованности эта малая часть планеты превосходит все, что человек способен пока наблюдать во Вселенной.

В естественноисторическом отношении биосфера выступает как тот фрагмент природы, который является носителем высшего этапа развития Космоса. Как говорил Гегель, познание высших форм открывает путь к познанию низших форм. И, следовательно, познание биосферы – ключ к познанию низших форм организации материи. Как же много мы теряем, оставляя в стороне изучение биосферной реальности и ограничивая себя физической картиной мира! В познании не стоит повторять тот путь движения от низшего (физического) к высшему (биосферной реальности), который прошла природа в своем эволюционном развитии. Нужно двигаться и в обратном направлении – от высшего к низшему, иначе мы никогда не поймем, какой отпечаток накладывает организованность биосферы на мир физических процессов. Мы должны работать не с физическими явлениями в «чистом» виде, а с «физическими» проявлениями биосферной реальности.

Самое удивительное, что биосфера (высшее проявление организованности, наблюдаемое нами в природе) – это та «часть» природы, которую мы способны полностью охватить эмпирическим изучением, иначе говоря, именно о биосфере мы можем получить самое надежное, самое достоверное знание. Таким образом, двигаясь в познании «от высшего к низшему» (от биосферной реальности к реальностям физического мира), мы можем исходить из наиболее достоверного знания. Вот почему так важно прислушаться к В. И. Вернадскому, называвшему биосферу основной областью научного знания. Это утверждение ни в коей мере не умаляет достоинства физической картины мира и тех областей научного знания, которыми занимаются аналитические науки. Оно указывает, что *критерием достоверности научного знания служит взаимосвязь природных процессов, выражающаяся в организованности биосферы.*

Таким образом, научное положение о трех реальностях не только придает логическую завершенность учению о биосфере, но и проясняет логику перерастания учения о биосфере в учение о

ноосфере. Как выше сказано, В. И. Вернадский в качестве критерия трех реальностей принимает «область жизни человека», «ноосферический разрез мира». Такой критерий оказывается возможным и правильным потому, что человечество и биосфера в определенном смысле соизмеримые величины. Они соизмеримы в том (и в данном случае самом важном) смысле, что именно биосфера может быть целиком (и по вертикали, и по горизонтали, и по существующим в ней взаимодействиям) охвачена деятельностью человечества. Выражая эту соизмеримость, В. И. Вернадский назвал человечество мощной геологической силой, становящейся определяющим фактором эволюции биосферы, – фактором, способным выявить и реализовать огромные потенциальные возможности, таящиеся в биосфере и не способные реализоваться без участия человека. Исследование этих потенциальных возможностей биосферы – главная задача научной мысли как планетного явления. В этом смысле формула Н, В. Тимофеева-Ресовского «Биосфера и Человечество» выражает соизмеримость как реальный факт.

Вот почему для оценки общего состояния, логики и направления развития естественнонаучной мысли исключительно важное значение имеет следующее замечание В. И. Вернадского: «Человек может мыслить без коренных поправок только в среде своего обитания, в среде, где твердое, жидкое и газообразное состояние материальных тел резко различно. Он должен вносить резко меняющие все его выводы для «природы» поправки, когда дело касается других геологических оболочек планеты – ее глубин или ее природного вакуума, то есть электромагнитной геологической оболочки Земли, где нет условий, в которых он мыслит. Законы логики естествознания различны в различных геологических оболочках Земли. Мы не в состоянии понять, не в состоянии представить себе конкретно те явления, которые там в действительности имеют место. Мы можем подойти к ним в научной работе только математически – в виде символа, логически созданных отголосков реальности, но не можем иметь о них эмпирического, конкретного, прямого представления»[1].

В начале исторического развития общества соизмеримость человечества с биосферой существовала как возможность. Ее превращение в действительность составляет содержание естественноисторического процесса, которое геологи прошлого века назвали «психозойской эрой», «антропогеном», а В. И. Вернадский, Тейяр де Шарден, Э. Ле Руа – ноосферой. В ходе этого процесса происходит взаимное развитие обеих сторон – и биосферы, и человечества.

---

[1] *Вернадский В. И.* Пространство и время в живой и неживой природе. М., 1975. С. 69.

Таким образом, в положении о трех реальностях В. И. Вернадский реализовал ту (основную для естественнонаучной мысли) логику, которая выявляет соизмеримость двух уникальностей нашего мира: уникальности биосферы и уникальности человечества как биологического вида. Вот почему понятие ноосферы с логической неизбежностью возникает из учения о биосфере: оно в нем содержится, а положение о трех реальностях указывает на это уже в явной форме. К тому же без понятия ноосферы невозможно выявить самый глубокий пласт логики учения о биосфере – идеальную норму и идеальную линию эволюционного развития биосферы с момента начала антропогенеза, выявить те новые взаимосвязи биосферы, Космоса и микромира, которые начинают формироваться по мере превращения человечества в мощную геологическую силу.

Теперь всем хорошо известно, что прямой непосредственный контакт с микромиром крайне опасен. Неизбежность взрыва при столкновении двух вселенских термодинамических полей микромира и биосферы столь же естественна, как разряды молний при грозе. И, к великому сожалению, провокатором этого столкновения становится человек.

Собирая рассеянные по планете радиоактивные элементы и концентрируя их в компактные массы, человечество обрушило на биосферу фантастические по мощности радиоактивные излучения, неожиданные в ее пятимиллиардолетней эволюции. Атомные реакторы и бомбы создают звездные температуры, выжигающие локусами биосферу. Нормальному человеку и так ясно, что единственным следствием этого может быть только взрыв. Но физики сделали свое дело и, как говорится, получили свою зарплату. А человечеству суждено расплачиваться за эту их зарплату.

Лишенные биосферного образования, подстегиваемые научной любознательностью или хуже – корыстью и честолюбием, вовлеченные в «большую политику», обернутую в фольгу патриотизма, физики работали над атомными проектами. Они думали, что проблемы человечества можно решить, используя в качестве оружия термодинамическое поле микромира. Это – не наивность. Это невежество.

Сабли и ружейные стволы – наиболее совершенное оружие в популяционных войнах человечества. Атомная бомба (так же как химическое, биологическое и метеорологическое оружие) – это уже не оружие, а способ вызвать локальный или общепланетарный коллапс биосферы. Таким путем нельзя решить ни одну человеческую проблему – нельзя просто потому, что уничтожается само человечество. Именно о ядерном оружии можно сказать: «Это хуже преступления, это – ошибка». Ошибка человечества. Сколько природных ресурсов, человеческого ума, физической и нервной энергии было сожжено ради производства этого «оружия устрашения». Романтичному образу ученого, работающего в ти-

ши кабинета и описывающего пятнышки на крыльях бабочки, XX век противопоставил образ хиросимских и чернобыльских геростратов, рассчитывающих на незыблемость секретности их работы. Вместе с атомными проектами наука очутилась в непроходимом лесу секретности. Физика, воплотившаяся в Технику, оснастила бронетанково-ракетно-ядерным мышлением политических невежд, которые, презрев напутствие своих школьных учителей и библейские заветы «не убий», «возлюби ближнего», соединили свои усилия в установлении единой тоталитарной системы, охватывающей всю планету.

«Радиационный враг» коварен вдвойне: воздействие его неприметно, а результат, если не смертелен, сказывается на целой чреде последующих поколений. Атомная энергетика и ядерные боеголовки, особенно в условиях сверхсекретной жизни государства, становятся тщательно закамуфлированным эпизодом своеобразной «гражданской» войны.

Работы с радиоизотопами не прошли Николаю Владимировичу даром. Он получил свой «радиационный ожог», опаливший его научную судьбу. И сейчас настало время мне, Тюрюканову, рассказать об одном эпизоде его жизни.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

Экспериментальные работы по влиянию ионизирующих излучений и радиоактивных меченых атомов на живое вещество, начатые в сунгульский период, когда Николай Владимирович работал в закрытом «почтовом ящике», были продолжены на биостанции в Миассово.

К миассовскому периоду относится драматическая история Кыштымского взрыва на Урале. Сейчас уже приоткрыта завеса над этой печальной страницей в истории страны.

Николай Владимирович со своими учениками интенсивно работал над изучением судьбы радиоизотопов в биогеоценозах. Эти работы были уже известны и частично опубликованы. Среди его учеников были и первые студенты, приехавшие вместе со мной из Московского университета. Среди них была и «Леночка с большой косой». Леночка изучала накопление различных изотопов лишайниками. Она была симпатична и трудолюбива...

Зимой, примерно 25 декабря 1958 года, на почвенном отделении Московского университета должна была состояться научная студенческая конференция, на которой Леночка собиралась выступить с докладом по материалам летней практики в Ильменском заповеднике.

В эти годы Николай Владимирович с Еленой Александровной жили на своей квартире в Свердловске, выезжая в Москву и Ленинград. Как обычно, в Москве они останавливались у своих друзей Реформатских, проживавших на Композиторской улице, 25 – в районе нынешнего Нового Арбата.

Уже давно Николай Владимирович хотел ближе познакомиться с Виктором Абрамовичем Ковдой для налаживания тесного сотрудничества по изучению судьбы и роли микроэлементов и радиоизотопов в биосфере. Я тогда работал под началом В. А. Ковды на кафедре почвоведения Московского университета. Не искушенный в научно-политических интригах, я взялся организовать встречу Н. В. Тимофеева-Ресовского с В. А. Ковдой.

Договорились, что, удобства ради, встреча состоится после научной студенческой конференции, на которой хотел побывать Николай Владимирович, чтобы послушать доклад Леночки.

Николай Владимирович попросил меня заехать за ним домой к 2-м часам дня, а затем на такси поехать в университет на конференцию и встречу с В. А. Ковдой.

Я приехал, как условились, к 2-м часам дня, но Николая Владимировича не было. Он задерживался на совещании, на которое его пригласил тогдашний министр Средмаша (атомное ведомство) Е. П. Славский.

Около трех часов в квартиру влетел возбужденный Николай Владимирович и сказал, что он только что был у Славского и что его научная проблематика вызвала мощный интерес у министра . И еще он сказал, что на Урале, на комбинате «Маяк», произошел взрыв, поднявший в небо огромное количество радиоактивных отходов. Огромная территория оказалась радиоактивно зараженной. Оперативная дозиметрия показала, что облако ушло на восток и добралось почти до Омска. Министр сказал ему, что не знает, каковы будут последствия взрыва, но они близки научным интересам Николая Владимировича.

Как рассказывал Николай Владимирович, в ходе разговора с министром они успевали еще обмениваться светскими новостями на европейские темы.

Министр предложил ему создавать институт или опытную станцию по изучению судьбы радиоизотопов в пострадавшем районе, причем просил его сделать это срочно и даже сверхсрочно.

Поделившись этой новостью, Николай Владимирович сказал, что нужно немедленно ехать на доклад Леночки и на встречу с В. А. Ковдой. Пока он перекусывал, я поймал такси, и мы поехали в университет.

По дороге он захотел заехать на пару минут к своему старому другу А. К. Уральцу, в семье которого отмечался день рождения и ждали Николая Владимировича. Встреча с другом прибавила праздничности в его настроении. Минут через десять он вернулся в машину, и мы помчались по темнеющей Москве в университет.

В аудитории, где проходила конференция, было темно. Кто-то из молодежи делал доклад и показывали слайды. Я узнал, что Леночка уже выступила и тут же ушла с конференции. Доклад она сделала хороший.

Почти тотчас закончилась конференция. Зажгли свет. Я подбежал к В. А. Ковде, который председательствовал на конференции, и сказал, что Николай Владимирович приехал и ждет встречи.

В. А. Ковда сделал гримасу и неожиданно сказал: «Товарищи коммунисты, прошу пройти ко мне в кабинет». Практически не поздоровавшись с Николаем Владимировичем, все прошли в кабинет. Всего было человек 8–10.

В. А. Ковда был холоден и сух, а Николай Владимирович, напротив, возбужден и активен. Он сказал, что рад познакомиться с Виктором Абрамовичем и очень доволен сотрудничеством со мною. С ходу стал рассказывать о своей встрече с министром, об уральской аварии и мерах по изучению ее последствий. Он лихо нарисовал на бумаге конфигурацию радиоактивного загрязнения и рассказал о предстоящих организационных мерах по борьбе с загрязнением.

Никто не задавал Николаю Владимировичу вопросов, коммунисты изучали этого нарисованного монстра. Когда же Николай Владимирович сказал, что на развитие генетики не выделяют денег, а по случаю аварии их могут выделить, сколько пожелаете, один из участников беседы, М. Т. Ястребов бросил реплику: «А вы становитесь мичуринцем, и у вас будет много денег». – «Ну уж, увольте», – отмахнулся Николай Владимирович.

В. А. Ковда быстро прекратил встречу, не сказавши при этом ни слова. Стали выходить из кабинета. В. А. Ковда вышел раньше гостя и бегом бросился по коридору. Но от ничего не подозревавшего и всегда быстро бегающего Николая Владимировича не так-то легко было убежать. Возле вешалки В. А. Ковду удалось настичь, но он, снова опережая гостя, выскочил на улицу.

Началась «гонка за лидером». Было темно, мела поземка. Но «Гарун бежал быстрее лани, быстрей, чем заяц от орла». Пробежали двор биофака, бежим мимо главного здания, выскакиваем на университетскую площадь. И тут спасительная для В. А. Ковды помощь – к остановке подходил автобус. Развив спринтерскую скорость, В. А. Ковда успел вскочить в салон автобуса. На площади, продуваемой ветром, мы остались вдвоем с Николаем Владимировичем. Поехали к Реформатским. На душе было муторно и непонятно.

...Наутро, когда я пришел на работу, меня отозвала в уголок моя сокурсница Ксана Орлова и спросила: «Что ты вчера натворил и о чем болтал Тимофеев-Ресовский?» Я ответил, что ничего особенного не было, Тимофеев-Ресовский рассказал об «уральском следе», и присутствовавшие слышали весь разговор.

Ксана работала в закрытой факультетской лаборатории, которая как раз и занималась исследованием почв на уральском комбинате «Маяк». Тут-то она и сказала, что выдана огромная государственная тайна и что она не знает, какие санкции будут

приняты против Тимофеева-Ресовского и меня. Мне она посоветовала «смыться», что я и сделал, отправясь в лыжный поход.

Больше Николая Владимировича никуда не приглашали. Его фактически отстранили от всех дел, а организацию опытной станции поручили Всеволоду Маврикиевичу Клечковскому.

Читатель легко догадается, кто был инициатор мер, в очередной раз сковавших научную работу Николая Владимировича. Добавим лишь, что В. А. Ковда много лет работал начальником отдела спецработ Академии наук СССР.

Иногда приходится слышать странное, глупенькое выражение – «чистая наука». Разве может быть наука очищена от человеческого интереса и страсти, совести и научной чести? А когда наука становится планетным явлением, она вообще начинает пронизывать все поры жизни как отдельного человека, так и всех людей в целом. Так и воспринимал науку Николай Владимирович.

Другое дело, что есть нечто, абсолютно чуждое науке – научно-политические игры и интриги. Например, XX век, между прочим, имеет ту особенность, что наука стала чуть ли не самым излюбленным орудием удовлетворения честолюбивых помыслов и карьеризма. Тягчайшие последствия этой настигшей нас беды даже не вполне осознаются.

Николай Владимирович был абсолютно чужд всяким политическим спекуляциям на поприще науки. Настолько чужд, что даже не воспринимал их; они никогда не были объектом его размышлений . В этом смысле он казался наивным и доверчивым. Но такое суждение о нем не было бы неверным. Он не был наивным и доверчивым. Как мало кто другой, он мог дать оценку и личным качествам человека, и его научным результатам, Но в этой оценке он руководствовался не политическими мерками, задушившими человека XX века. Он, как пушкинский Моцарт, придерживался суждения, что «гений и злодейство – две вещи несовместные». Не было у него «политического нюха», который так необходим временщикам.

Как и все люди, Николай Владимирович ошибался. Как человек очень добрый, он переоценивал людей как людей. Он был фильтром, а не мембраной. Одна из его ошибок состояла в том, что он очень преувеличивал контрольную службу в атомной промышленности. Он недоучел, какое количество недоучек и карьеристов проникает в нашу атомную систему. Он, занимавшийся радиационной биогеоценологией, считал, что основные загрязнения биосферы пройдут по флангу текстильной, кожевенной и прочим отраслям химической индустрии. Он верил во всесилие гейгеровских счетчиков, дающих сигналы о каждом распадающемся атоме. Но он недооценил, что высокооплачиваемость атомного ведомства обернется его низкой культурой. Чернобыль

– это непредвиденная Н. В. Тимофеевым-Ресовским ошибка человечества, удар по логике научного мировоззрения.

Кажется, теперь уже всем, после взрыва «мирного атома» в Чернобыле, ясно, что критическая масса ядерного вещества, вызывающая ядерный взрыв, – это тот критический момент, когда человек своими руками сталкивает «в лоб» все три реальности – Космоса, Микромира и Биосферы. Биосфера защищена озоновыми экранами от жесткого рентгеновского излучения Космоса, убивающего живое вещество. В обход этих экранов человек, создавая атомные станции и ядерные боеголовки, сам зажигает микросолнца с их губительным излучением в самой уязвимой части биосферы – там, где живут организмы. Он превращает нашу планету в излучающую звезду. Солнечные лучи, отфильтрованные озоновыми экранами, становятся источником жизни на планете, а микросолнца, сотворенные человеком, – губителем жизни. Куда же завел человечество научно-технический прогресс? Чтобы встать на путь Истины, нам нужно вернуться к естественноисторической логике понимания природы. Отсутствие ее – самый верный показатель отсутствия элементарной культуры. Культуры во всем – в науке, в образовании, в нашей практической деятельности.

В этом «ноосферическом разрезе мира», охватывающем все три реальности, только и можно ощутить и понять всю мощь личности Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского. Его идеи проверены не только приборами и экспериментами. Они проверены его судьбой. И потому служат эталоном логики научной мысли и чистоты человеческих помыслов.

Формула Н. В. Тимофеева-Ресовского «Биосфера и Человечество» вводит *планетарно-космический* ракурс в наше мировоззрение .

Биосфера – особый природный центр, организующий планетарные и космические процессы.

Созданию учения о биосфере предшествовала дарвиновская теория эволюции органического мира, а также замечательное эмпирическое обобщение об эволюционной смене геологических эпох, связанных с деятельностью живого вещества – палео-, мезо- и кайнозое. Но из этих эволюционных идей, во многом определивших облик современной науки, выпало древнее предчувствие великой организующей Силы Космоса. Это предчувствие человечество сохранило лишь в религиозном мировоззрении.

Космос – не абстрактная безликая среда, в которой возникает и затем эволюционирует Биосфера. В. И. Вернадский настоятельно подчеркивал, что в организованности Биосферы отражается организованность Космоса. И кажется, не совсем случайно свою книгу «Биосфера» он начинает со взгляда на Биосферу из Космоса.

Биосфера – *«передаточная станция»* космических сил, воздействующих на планету, главный орган их восприятия. Для развития нашей планеты необходимы тонкие энергии Космоса, которые могут восприниматься лишь живым веществом и которые недоступны косному веществу планеты. Обеспечивая планету запасом тонких, высоких космических энергий, Биосфера является необходимым условием ее космической эволюции.

Как Земля *нуждается* в тонких энергиях Космоса, так и Космос, планеты Солнечной системы, само Солнце нуждаются в энергетике того качества, которое производит живое вещество планеты. Живое вещество Биосферы служит интересам Космоса, и потому *на Земле не может происходить что-то ненужное для Космоса и независимое от него.*

Биосфера сформировалась и развивалась в силовом поле, одним полюсом которого была Реальность Космоса, а другим – Реальность Микромира. Учение о биосфере по существу представляет собой учение об особом планетарном центре, обеспечивающем сопряженность эволюции нашей планеты с общим ходом Космогенеза.

История Биосферы соизмерима с космической историей планеты и насчитывает 4,5–5 миллиардов лет. Весь Лик Земли создан и многократно преобразован живым веществом. Практически не известно вещество Земли, не затронутое энергией Живого вещества. Глины и известняки, нефть и уголь, илы и почвы, железные и марганцевые руды, кислород атмосферы и природные воды и т. д. – все это создано Живым веществом за геологическое время. На многие километры в глубь земных недр и до озонового слоя - всюду мы видим вещество и энергетику, возникшие при участии Живого вещества.

Сегодня на планете обитает 3,5–4 миллиона биологических видов, в своем совокупном многообразии обеспечивающих планетарно-космические функции Живого вещества.

Из этих миллионов всего лишь один биологический вид составляет человечество. Это очень молодой вид. Ему не более миллиона лет, а цивилизованному человечеству – от силы 10 тысяч лет.

Но с появлением Человечества на планете начинает формироваться новый планетарный и космический центр, представляющий собой особую, *Четвертую Реальность.* Теперь *взаимодействие двух центров – Биосферы и Человечества* – образует то новое силовое поле, в котором начинает развертываться современная космическая и геологическая стадия эволюции планеты.

Человечество несется на своем космическом корабле «Земля» в великом холоде, великом безмолвии и в космическом одиночестве. Только общение между людьми и живым веществом создает и объединяет информационное поле Биосферы.

Во взаимодействии Биосферы и Человечества рождается новый облик нашей планеты – Ноосфера, новая информационно-энергети-

ческая оболочка Земли. Сегодня мы находимся в поисках Ноосферы. Пока же человечество запуталось в им же созданных противоречиях, главное из которых – несоответствие между космически предначертанной ему организованностью и хаотичным, бестолковым и вредным поведением в Биосфере. Но уже теперь ясна необходимость создания концепции о едином Человечестве как Космическом Явлении, разумно взаимодействующим с Живым веществом. Человечество при этом следует рассматривать как новую структурообразующую силу, влияющую на эволюцию планеты и Космоса.

До сих пор Биосфера развивалась на основе своих собственных законов, а человечество за счет присвоения природных ресурсов Биосферы. Теперь, с планетарно-космической точки зрения, ситуация меняется самым решительным образом. Теперь наступило время, когда Человечество *должно отдавать свои долги Биосфере,* вкладывая весь накопленный духовный, интеллектуальный, нравственный и производственно-технологический потенциал в ее развитие. В этом предназначение Человечества *как Планетарного и Космического центра.* Ему предстоит поднять на более высокую ступень развития все царства природы – минеральное, растительное и животное, дать новый импульс, вызвать новую Великую Жизненную Волну планетогенеза.

Теория эволюции органического мира ввела в научное сознание представление о человеке как «венце Творения» и этим породила мысль о том, что с появлением Человечества наступает финальный, завершающий этап эволюции Природы. Вольно или невольно эта мысль способствует или, по крайней мере, не останавливает технологическое насилие над Биосферой.

На самом же деле с появлением Человечества открывается новый пласт эволюционных преобразований в Биосфере. Человечество не только «венец Творения», но и главный агент, «пусковой механизм» дальнейшей эволюции Биосферы. В этой своей роли Человечество пока находится в состоянии ученичества, но только в этой роли – перспектива его развития. От Человечества зависит, будет ли эволюция планеты Земля прогрессивной.

Чернобыльский синдром в учении о биосфере

> Нельзя допустить, чтобы люди направляли на свое собственное уничтожение те силы природы, которые они сумели открыть и покорить.
>
> Ф. *Жолио-Кюри*

После Карлага, оказавшись на секретном атомном объекте на Урале, Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский – по своей природе ученый-форвард и такой же по своей спортивной натуре – не встал в ряды создателей атомной бомбы, а сразу же присту-

пил к изучению теневых последствий вхождения человечества в атомную эру.

Его работы тогда, в начале 50-х, были посвящены влиянию ионизирующих излучений на организм и на прослеживание миграции радиоизотопов во внешней среде. Его коллегам – физикам, химикам и даже биологам – казались непонятными все эти «грубые» экспериментальные работы с гидробионтами, илами, почвами и сельхозкультурами. А он настойчиво определял коэффициенты накопления радиоизотопов различными организмами и исследовал влияние на них различных доз ионизирующих излучений.

Было бы неверно думать, что в эти годы Николай Владимирович в своих раздумьях не затрагивал нажитый им огромный капитал в области генетики и биофизики. Но, во-первых, время было лысенковское и работать в области генетики было политически опасно (второй раз отсидеть в сталинских лагерях не хотелось). А во-вторых, им уже овладел неуемный дух великих синтетических обобщений. Николай Владимирович работал как экспериментатор в области создаваемой им радиационной биогеоценологии, а душа и мозг его были наполнены великим проникновением в общее учение о биосфере и биогеоценологию.

В 1957 году в «Ботаническом журнале» неожиданно для многих выходит его статья «Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии». Статья была плодом его многолетней работы и окончательно легализовала его для научной общественности.

Так всемирно известный генетик, биофизик и радиобиолог предстал в новом, еще непонятном его коллегам, амплуа – биогеоценологом, создателем одного из разделов биогеоценологии – радиационной биогеоценологии. До кыштымского взрыва оставался один год, до Чернобыля – почти 30 лет.

Как только Николай Владимирович вышел «на волю», его закружило и завихрило в водовороте научного общения. По возвращении на Родину кроме России лагерей, Лубянки и Бутырки его встретила Россия Сукачева, Реформатских, Ляпуновых и других добрых фамилий. Силы его окрепли, но психика все еще была «с оглядкой».

Его блестящие доклады в Свердловске и Москве (на семинарах П. Л. Капицы и А. А. Ляпунова) вызвали ажиотаж и признание его ярким явлением в жизни тогдашней советской науки.

С 1955 по 1963 год каждую зиму Николай Владимирович проводил в Свердловске и в поездках в Москву и Ленинград, а почти полугодовое лето – на своей биостанции в Миассово, в глубине Ильменского заповедника.

Усилиями его сотрудников (Н. В. Куликова, А. А. Титляновой, Н. М. Макарова, Л. С. Царапкина и других) была в кратчайшее время создана база для радиационно-биогеоценологических ис-

следований. Николай Владимирович с его мощной энергией возглавил эту, как теперь очевидно, историческую акцию.

И не успели первопроходцы стать на ноги, как в Миассово потянулись гости самых разнообразных интересов и профессий. Первыми явились А. А. Ляпунов с семейством и Реформатские. А потом пошли-поехали...

Как ни странно, несмотря на фантастические трудности, и научная работа, и научные семинары, и так называемое свободное время – все было насыщено духом истинной науки и добропорядочностью. Бытовых трудностей было немало, однако Н. В Куликов и Н. М. Макаров в великом отчаянии везли этот воз. К тому же на биостанции были, хоть и немного, исключительно добрые рядовые труженики.

Сейчас, спустя десятилетия, особенно отчетливо обнаруживается, что эта напористая, дружная и всепоглощающая работа по радиационной биогеоценологии, руководимая Н. В. Тимофеевым-Ресовским, проложила дорогу новому фундаментальнейшему научному синтезу. Это было «второе рождение» учения о биосфере – в атомно-космическую и глобально-экологическую эпоху человечества.

Такие переоткрытия встречаются в потоке мировой научной информации. Классический пример – вторичное открытие менделевских законов наследственности. Г. Мендель, австрийский натуралист, доложил о своем открытии в 1865 году на заседании Общества любителей естествознания в г. Брюнне (ныне г. Брно, Чехия), но оно получило признание лишь в 1900 году, когда ботаники немец К. Корренс, голландец Г. де Фриз и австралиец Э. Чермак независимо друг от друга экспериментально подтвердили открытие Г. Менделя и высказали мнение о всеобщности менделевских законов в живой природе.

В 1964 году Н. В. Тимофеев-Ресовский переехал в Обнинск.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

Запомнился мне переезд Николая Владимировича в Обнинск.

Шел 1964 год. Переезд в Обнинск затягивался. Елена Александровна – жена Николая Владимировича – слала мне письмо за письмом, прося узнать, получил ли я ключи от квартиры, вставил ли замок и появились ли в Обнинске штатные единицы для Николая Владимировича и нее. О Николае Владимировиче она писала, что он «ведет кошмарный образ жизни – с утра до ночи принимает разных людей, слушает диссертации, написанные работы, курит без передышки, пьет чернущий чай и кофе, составляет планы... Мне удалось устроить ему свидание с очень хорошим врачом, завтра он пойдет к нему еще раз и узнает, как надо жить, чтобы не умереть очень быстро». В это же время докторская диссертация Николая Владимировича лежала в ВАКе. Елена Александровна очень волновалась, как пройдет утверждение диссертации на Пленуме ВАКа. «Но я оптимист!» – писала она.

Вспоминая Елену Александровну, нельзя пройти мимо одной из главных черт биографии наших великих творцов биосферной мысли. Речь идет о том вкладе, который внесли в творческую деятельность этих ученых их жены. Нельзя и даже грешно рассматривать ученого без его спутницы жизни. Многие ученые либо не состоялись, либо сходили на нет без верных подруг. Творцам биосферного учения в этом смысле повезло.

Анна Петровна Докучаева (Синклер), Наталья Егоровна Вернадская (Старицкая) и Елена Александровна Тимофеева-Ресовская (Фидлер) сделали так много для творчества их мужей, что они по праву могут называться соосновательницами биосферного учения.

И вот переезд состоялся. Первые дни в Обнинске – это дни психического возбуждения Тимофеева-Ресовского. Все в нем трепетало. В течение трех недель он не отпускал меня от себя. Я не мог выехать к семье, и ходили мы с ним «жрать» в кафе «Огонек», почти напротив окон его дома. В своем возбуждении он заказывал для меня шесть или восемь бифштексов, себе два или четыре и при этом говорил очаровательной официантке, что мы с ним – «жрецы». Восхищенная его рассказами, девушка изумлялась: «Не может быть!» И тогда он долго убеждал ее в том, что я, Тюрюканыч, главный жрец, а он – не главный. Я вежливо соглашался на все его выходки.

Если бы вы знали, как великолепна была в эти дни Елена Александровна! Здесь, в Калужской области, стал срабатывать эффект ощущения родины. В Алексинском уезде, рядом, за Окой, находилась деревня Картина – родовое имение Елены Александровны, в ста верстах великолепное Конецполье – родовое поместье Всеволожских, а позже Тимофеева-Ресовского. С удивительной женственностью и теплотой Елена Александровна обживала дом. Не знаю, как она жила в первые дни, потому что мы с Николаем Владимировичем не вылезали из «Огонька» и никогда не пили, хотя там и продавали. Он требовал меня ежесекундно, и, не скрою, я и сам не отходил от него, потому что по-мальчишески верил, что наша генетика возродится.

Помыслы и надежды моего Учителя оправдались. Наверстывать отставание в мировой генетике кинулись братья Смирновы и Рэм Петров, Коля Глотов и Володя Иванов, Женя Гинтер и Арам Зарубян, Ромик Атаян, Эдик Акопян и Володя Карогодин, Жорес Медведев и Володя Мглинец, Юра Свирежев, Леня Семериков и Лева Животовский, Алеша Яблоков и замечательная пара Юра Богданов и Туся Ляпунова. В эту научную школу Николая Владимировича входила и наша команда биогеоценологов: Юра Абатуров, Алла Николаевна Летова, покойная Галя Кашкина, Гензель Гегамян. За уральским хребтом работало много лучших учсников Николая Владимировича – Коля Макаров, Аргента Титлянова, Инна Молчанова, Галя Махонина, Стелла Тарчев-

ская, Николай Куликов и Лида Кузнецова. Это его гвардия. Да всех ведь и не перечислишь замечательных людей. Не всех и припомню, да простят они мне. В Москву уехал из Свердловска замечательный человек и ученый Адольф Трофимович Мокроносов, а какая масса очарованных людей работает в институте у Олега Георгиевича Газенко. Нельзя забыть Новомира Лысогорова и самого последнего и настоящего по духу ученика Николая Владимировича – Сашу Ярилина.

Николай Владимирович был мне отцом, по нему, по его совести и мысли, сверял и проверял я людей, особенно ученых и псевдоученых. Ушел он к своей Лелечке в родную Калужскую землю, а над ними шелестит их «антенна» – родная береза. Без этих людей опустела земля. Не дожили они до нашего времени, когда открылась правда о репрессиях, голоде и войне, когда честные люди предпринимают неимоверные усилия по спасению и возрождению России. Николай Владимирович был бы в рядах этих честных людей.

Николай Владимирович зорко увидел ключевое направление современного естествознания – изучение судьбы радиоизотопов на планете и почувствовал, что заниматься этой проблемой сейчас архиважно.

Радиационная биогеоценология – наука о вторжении термодинамического поля микромира в исторический процесс жизни человечества. В статье «Радиационная биогеоценология» Н. В. Тимофеев-Ресовский определил эту науку как «ветвь общей биогеоценологии, которая занимается изучением биогеоценотических процессов с применением радиоизотопов и ионизирующего излучения, а также оценкой роли радиоизотопов и ионизирующего излучения в работе, перестройке и эволюции природных биогеоценозов и биосферы в целом».

Радиационная биогеоценология – ответ науки на быстро нарастающее воздействие человечества на биосферу, в первую очередь химической и атомной промышленности, продукты и отходы которой особенно сильно влияют на живые организмы и среду их обитания. Изучение накопления, распределения и миграции радиоизотопов в биогеоценозах, а также выяснение влияния радиоизотопов на биомассу, состав и структуру (а следовательно, на биогеохимическую функцию) биоценозов являются наиболее существенной задачей радиационной биогеоценологии.

Применение радиоизотопов оказывается наиболее удобным способом прослеживания судьбы различных химических элементов в биогеоценозах и изучения устойчивости и равновесия биогеоценозов, причем этим процессам может быть дано строгое количественное выражение. Все отдельно изучаемые компоненты, подчеркивал Н. В. Тимофеев-Ресовский, должны рассматриваться как составляющие общего биогеоценотического процесса.

Объекты, целевое назначение и методы исследования радиационной биогеоценологии открывают возможность предсказывать судьбу загрязнений биосферы атомной и химической промышленностью и принимать одновременно разумные профилактические меры.

Создавая радиационную биогеоценологию, Н. В. Тимофеев-Ресовский одновременно основывает новое направление научного исследования – радиационную биогеохимию, которая становится одним из разделов биогеохимии В. И. Вернадского.

Радиационная биогеоценология и радиационная биогеохимия опираются на замечательное эмпирическое обобщение В. И. Вернадского о наличии семи *геохимических состояний вещества* косного, живого, биокосного, биогенного, космического, рассеянного и радиоактивного.

Насколько такая трактовка понятия «состояние вещества» шире и многоплановее физической картины мира, в которой представлены газовое, жидкое и твердое состояния вещества (в физике микромира вводятся ионное, плазменное, сверхтекучее и ряд других состояний вещества)! Всесилье физикализма привело к тому, что все разнообразие проявления геохимических состояний вещества определяется исключительно в физических величинах – в том числе и живое состояние вещества. Биопродукция измеряется в килограммах и калориях. В тоннах – количество вносимых на поля минеральных удобрений, в килограммах – количество пестицидов (к тому же еще оговаривается, что расчет идет «по действующему веществу»). Обязательным атрибутом каждой статьи, посвященной выращиванию сельскохозяйственных культур, стали таблицы с указанием весового содержания химических элементов в почве.

Физические величины обезличивают живое, биогенное и биокосное вещество биосферы. Они не выражают главное свойство биосферы – ее организованность. В почве можно посредством искусственного внесения минеральных веществ создать наиболее оптимальное их весовое отношение. Но если нарушена структура почв, если убито ее живое население, то никакого толка от подобного рода добавок минеральных веществ не будет. Если качество молока измерять калорийностью, то лучше вместо стакана молока выпить стакан более калорийной нефти. Это было бы и экономически выгоднее, так как при современных интенсивных технологиях земледелия на получение одной пищевой калории приходится тратить 5–7 «ископаемых» (т. е. из той же нефти) калорий. Эти примеры показывают, насколько несовместимо со здравым смыслом неугомонное стремление все и вся выразить в физических величинах.

Сущность биосферных явлений и процессов не может быть точно выражена посредством их описания на языке физических величин. В данном случае точность означает оценку биосферных

явлений и процессов с точки зрения динамики геохимических состояний вещества в биосфере. Одно семечко растения может весить десятые доли грамма, но оно оказывается пусковым механизмом мощного биогеохимического процесса. И не только пусковым механизмом, но также и его регулятором. Можно внести тонны удобрений на поля, затратить огромные усилия на их обработку, – и все окажется впустую, если растения будут поражены вирусом, имеющим в физическом смысле исчезающе малую величину. К сожалению, надо признать, что до сих пор практически отсутствуют научные понятия, которые могли бы отражать все многообразие геохимических проявлений организованности биосферных процессов. А между тем разработка этих понятий составляет генеральное направление развития научной мысли.

Сжигание угля в паровом котле открыло дорогу промышленной революции XIX века. Но столетие спустя такой способ действия оказывается уже настоящим варварством. Не потребление природных ресурсов, не совковая лопата, которой подбрасывают уголь в топку паровоза или раскидывают удобрения по полям, а управление организованностью биосферных процессов должно стать определяющим способом взаимоотношения человечества с биосферой. Именно на этом пути можно добиться главного – оптимизации производительных сил биосферы. Только это представляет настоящую альтернативу истощению природных ресурсов биосферы – как тех, что таятся в недрах планеты, так и основного ресурса биосферы – высокой плотности и высокой организованности всего ее живого населения.

Мы должны научиться управлять динамикой геохимических состояний вещества биосферы и геохимическими функциями живого вещества. «В конце концов, – писал В. И. Вернадский, – все химические элементы Менделеевской таблицы, повидимому, закономерно охвачены живым веществом. Это может служить косвенным подтверждением тому, что отличие живого и косного вещества планеты связано не с различием физико-химических проявлений, а с более общим различием состояния пространства-времени этих материально-энергетических систем»[1].

Живое вещество, которое «определяет все основные химические закономерности в биосфере»; определяет и структуру, и организованность биосферы. «Структура биосферы, точно функционирующая в течение не менее двух миллиардов лет, очень закономерна и резко отличается от механических структур наших приборов и аппаратов... Эта структура представляет собой динамическое равновесие, колеблющееся около статистического со-

---

[1] *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1987. С. 219.

стояния атомов, соединений или химических элементов. Эту форму равновесий удобно назвать организованностью биосферы»[1].

Различные проявления организованности геохимических состояний вещества биосферы выражаются, говорит В. И. Вернадский, в различных биогеохимических функциях живого вещества. Эти функции «определяют в планетном масштабе основные химические проявления жизни и являются основными химическими реакциями живого вещества, поскольку они химически отражаются на окружающей организм внешней среде. Они являются результатом закономерного проявления миллиардов живых неделимых, выявляющихся, взятых в совокупности в определенных химических процессах»[2].

В. И. Вернадский выделил пять групп биогеохимических функций живого вещества: 1) газовые функции, 2) концентрационные функции, 3) окислительно-восстановительные функции, 4) биохимические функции и 5) биогеохимические функции человека.

Среди газовых функций он выделяет следующие основные: 1) кислородно-углекислотную, 2) углекислотную, независимую от кислородной, 3) озонную и перекись-водородную, 4) азотную, 5) углеводородные функции, 6) отдельно от углеродных, писал В. И. Вернадский, должна быть выделена терпеновая функция, так как число терпенов должно исчисляться тысячами видов. Особое внимание следует обратить на его замечание, что в качестве особой геохимической функции следует выделить «запахи планеты, явления, по-видимому, большого планетного значения, почти совершенно научной работой не затронутые и химически чрезвычайно разнообразные», 7) сероводородные функции. Этот список, замечает В. И. Вернадский, далеко еще не полон, в нем представлены лишь те функции, о которых мы имеем более или менее ясное представление.

Знакомство только с одной – газовой – функцией показывает, насколько разнообразен и пластичен мир биогеохимических процессов и явлений на планете. Наши знания об этом мире крайне скудны и фрагментарны. Между тем именно этот пласт биосферной реальности несет в себе огромные потенциальные возможности развития целостной системы «Биосфера и Человечество».

Особое внимание следует обратить на сформулированное В. И. Вернадским обобщение, указывающее на инвариантность геохимических функций живого вещества на протяжении всего эволюционного развития биосферы. Он писал: «Мы имеем изменчивость – эволюцию – в течение геологического времени видов и родов живого вещества, но нигде не видим признаков эволюции всего уклада живого вещества... Для организмов в целом, в живом

---

[1] *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1987. С. 220, 221.
[2] Там же, С. 221, 222.

веществе, охваченном во всем его сложном складе, мы не замечаем эволюционного процесса в геологическом времени».[1] Это обстоятельство определяет неизменность условий химических процессов земной коры за все время эволюции биосферы. Если бы была нарушена геохимическая работа живого вещества, это сразу бы сказалось на химизме земной коры, так как «все минералы верхних частей земной коры – свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других непрерывно создаются в биосфере только под влиянием жизни. Если бы жизнь прекратилась, их элементы быстро приняли бы новые химические группировки, отвечающие новым условиям, старые нам известные тела безвозвратно исчезли бы. С исчезновением жизни не оказалось бы на земной поверхности силы, которая могла бы давать непрерывно начало новым химическим соединениям»[2] . Можно лишь с сожалением констатировать, что человечество с большим упорством противодействует основному закону жизни биосферы – непрерывности и инвариантности геохимических функций живого вещества.

Этот закон только на первый взгляд противоречит другому закону биосферы – эволюции органических видов. На самом деле в ходе геологического времени, как отмечает В. И. Вернадский, происходила и происходит смена видов организмов, замещавших друг друга в исполнении той или иной геохимической функции без изменения самой функции. Более того, эволюция органического мира оказывается необходимым условием непрерывного возобновления геохимических процессов и функций живого вещества. Эволюция видов лишь усиливает их проявление, оставляя без изменения основное содержание; она лишь ускоряет биогенную миграцию атомов.

Это геохимическое содержание эволюции органического мира отражено во втором биогеохимическом принципе В. И. Вернадского. Как отмечает Г. В. Гегамян, кстати, ученик Николая Владимировича, второй биогеохимический принцип выдвигает совершенно новое и неожиданное истолкование эволюционного процесса жизни. Согласно этому принципу, *в ходе эволюции отбираются именно те виды, которые способны ускорять биогенную миграцию атомов.* «Отсюда и логическое следствие: способность каждого вида живого «крутить» с той или иной скоростью атомы в системе «организм – среда» должна стать основной биосферной характеристикой данного вида, должна быть его биосферной константой. Следовательно, для учета биогеохимической работы каждого вида и всего живого в биосфере мы должны измерить эти константы. Полученные результаты позволят нам не только понимать энергетический механизм функционирования биосферы,

---

[1] *Вернадский В. И.* Живое вещество. М., 1978. С. 204.

[2] *Вернадский В. И.* Биосфера. М., 1967. С. 241.

но и, в конечном итоге, выбирать наилучше приспособленные в биосферном аспекте виды для создания сообществ с максимальной биопродуктивностью»[1].

В. И. Вернадский предугадывал огромное влияние радиоактивного состояния вещества на живое вещество планеты. Он писал: «В химическом составе живого вещества мы должны различать две группы химических элементов: 1) обычные элементы, которые в организме не обладают действенной свободной атомной энергией, и 2) радиоактивные элементы, которые обладают такой свободной энергией и которые, помимо теплового эффекта, им всегда свойственного, могут также оказывать влияние на жизнь организмов, выявляя в них движения материальных и энергетических частиц, которые являются космическими явлениями в нашей планете. Это будут радиоактивные элементы, выделяющие -лучи материальные и -лучи энергетические. Эти атомы всегда находятся в ничтожных количествах, едва ли дают определенные химические соединения, может быть, находятся в виде твердых растворов, существование которых химически установлено. В таком случае их действие может быть сведено на действие их как источников энергии. Работы нашей лаборатории указали, что эти элементы закономерно находятся во всех организмах, количество их тесно связано с видовым составом организмов, есть для каждого вида величина определенная, разная и характерная»[2].

Н. В. Тимофеев-Ресовский выявил и изучил особую геохимическую функцию живого вещества – его способность абсорбировать и накапливать радиоизотопы и определять пути их миграции. Ниже мы приводим некоторые статьи Николая Владимировича, посвященные этой проблеме. Однако, чтобы сохранить логику повествования, позволим себе некоторые цитаты.

«В общем, – писал он в статье «О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями», – все виды живых организмов обладают способностью более или менее интенсивно накапливать почти все рассеянные микроэлементы, находящиеся в среде их обитания в ничтожных концентрациях».

В этой же статье Н. В. Тимофеев-Ресовский рассматривает судьбу радиоизотопов, попадающих в биосферу, механизмы, степень и скорость накопления радиоизотопов различных химических элементов и их распределение по органам и тканям растений. Большую роль уже в сегодняшней практике сыграло введенное Тимофеевым-Ресовским понятие о коэффициентах накопления элементов в живых организмах. Как бы предугадывая события в

---

[1] *Гегамян Г. В.* Ламарк, Вернадский и биосферология//Природа. 1981. № 9. С. 81.

[2] *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1987. С. 219.

Чернобыле и опираясь на им же сформированный теоретический фундамент радиационной биогеоценологии, Николай Владимирович рассматривает возможные меры снижения опасностей «центров загрязнения в биосфере», в частности, меры для дезактивации почв и водоемов.

В результате проделанной Н. В. Тимофеевым-Ресовским и его школой работы стало ясно, что различные виды живых организмов обладают разной радиочувствительностью, даже незначительное радиоактивное загрязнение сказывается на состоянии всего биогеоценоза в целом, так как все виды биоценотического сообщества тесно связаны разнообразными биологическими, экологическими и пищевыми связями, находясь все время в интенсивной борьбе за эдафическое пространство. Радиоактивное поражение одного из видов сообщества, наиболее чувствительного к радиоактивности, может вызвать существенное нарушение всей внутренней структуры биоценоза и вызвать временное, а иногда и весьма длительное его обеднение.

Было также установлено, что большинство химических элементов, в том числе радиоизотопов, хорошо поглощаются и стойко удерживаются твердыми минеральными и органическими фазами почвы. Но это относительно инертное состояние излучателей, попавших в грунты и почвы, нарушается деятельностью растительного покрова. Поглощение и накопление излучателей растениями ведет прежде всего к их частичному выносу на дневную поверхность, в надземную массу растений.

В тех случаях, когда растения инкорпорируют излучатели (излучатели проникают в тело растения) с поверхности надземной массы или из верхнего слоя почвы, радиоизотопы, благодаря быстрому распределению по всему растению, попадают в наиболее глубокие ответвления корневой системы; через отмирание корешков и выделения корневой системы радиоизотопы могут с поверхности попадать в относительно глубокие слои почвы и подпочвы. Таким образом, деятельностью фитоценозов производится постоянное частичное вертикальное перераспределение попавших в биогеоценоз радиоизотопов. От характера и состава фитоценоза, свойств почв, грунтов и стока зависит (при естественном, не нарушаемом человеком протекании жизни в биогеоценозе) постепенное установление определенного типа динамического равновесия излучателей в системе: фитоценоз – почва – подпочва – сток, при постоянной небольшой потере излучателей с данной территории горизонтальным рассеянием и миграцией.

Выявив и экспериментально изучив пути вертикальной и горизонтальной миграции радиоизотопов при участии живого вещества, Н. В. Тимофеев-Ресовский сформулировал основные критерии и направления быстрого, наиболее эффективного и точного исследования радиационной обстановки на суше и в водоемах. Он при этом указал, что благодаря высоким коэффициентам накоп-

ления радиоизотопов живые организмы (а также детрит, свежий ил, лесная подстилка и некоторые другие органические остатки) могут служить хорошими и наиболее надежными индикаторами радиоактивных загрязнений.

Заметное влияние фитоценозов на перераспределение и миграцию даже наименее мобильных радиоизотопов следует учитывать с двух точек зрения, говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский. Во-первых, как фактор, повышающий дисперсию и горизонтальную миграцию излучателей из центров загрязнения, а во-вторых, при планировании мероприятий по дезактивации загрязненных почв и локализации загрязнений. Подбором травянистых фитоценозов из видов с максимальным выносом излучателей в зеленую массу можно, периодически скашивая, сжигая и захороняя эту зеленую массу, ускорить дезактивацию почвы. Создавая узкие пустынные полосы (лишенные растительности, перепаханные и засыпанные песком), можно в значительной мере предотвратить дисперсию и вынос в окружающие почвы радиоактивных изотопов из центров загрязнений.

Особое внимание Н. В. Тимофеев-Ресовский уделил изучению воздействия повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека. Касаясь истории изучения данного вопроса, он отмечал, что первоначально в рамках общей рентгенологии и радиологии были разработаны, в первом приближении, основы радиотоксикологии и мероприятия по защите людей от токсических доз и концентраций излучений и излучателей и установлены нормы так называемых толерантных доз ионизирующих излучений и допустимых концентраций радиоактивных изотопов в окружающей человека среде. Это, однако, касалось лишь защиты от вредных воздействий радиоизлучений непосредственно индивида.

В 30-х годах, с появлением радиационной генетики, начинается изучение воздействия ионизирующей радиации на мутационный процесс. Основываясь на данных радиационной генетики и учитывая ряд особенностей в популяционной динамике человека, Н. В. Тимофеев-Ресовский и ряд других исследователей задолго до начала «атомной эры» указали на возможные генетические опасности, связанные с облучением людей.

Атомная промышленность повысила радиоактивный фон в витасфере. До ее появления, напоминал Н. В. Тимофеев-Ресовский, во всем мире было несколько сотен граммов концентрированных препаратов естественно-радиоактивных изотопов, т. е., соответственно, несколько сотен кюри радиоактивных излучений. Для справки: в результате Чернобыльской катастрофы в витасферу было выброшено 500 млн. кюри, а взрывы на Челябинских атомных объектах выбросили и того больше – 1 млрд. 200 млн. кюри.

С повышением фона радиоактивных загрязнений наряду с вопросом об отрицательных последствиях, проявляющихся в потом-

стве отдельных переоблученных индивидов, резко обостряется вопрос об общем изменении генетического состава всей популяции человека. В популяционно-генетическом аспекте, отмечал Н. В. Тимофеев-Ресовский, человек находится в неблагоприятных условиях по отношению ко вновь возникающим мутациям, что связано с двумя особенностями его популяции. Во-первых, популяции человека относятся к численно возрастающим и, во-вторых, они испытывают меньшее давление естественного отбора. Вследствие этого общее повышение уровня радиоактивных загрязнений, являющихся одним из самых мощных факторов мутагенеза, особенно опасно для человечества. При этом, предупреждал Н. В. Тимофеев-Ресовский в статье «О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека», надо учитывать, что неощутимые пока генетические эффекты возникают и при таких дозах, которые по праву могут считаться толерантными в физиологическом отношении.

Из этого следовала необходимость энергичной борьбы с повышением общего и локального фона радиоактивных излучений в биосфере.

Обобщенный итог исследований в области радиационной биогеоценологии Н. В. Тимофеев-Ресовский сформулировал следующим образом: «Изучение судьбы и распределения радиоизотопов (благодаря применению исключительно точного метода меченых атомов) уже сейчас ясно показывает, что вся проблема защиты биосферы от безответственного и легкого устранимого разрушения, обеднения и отравления, причиняемого ей развивающейся промышленностью, в основе своей является проблемой биогеоценологической; таковыми же являются и все вопросы по разработке частных мероприятий для избежания отравления среды обитания человека и охране природы. В связи с этим совершенно необходимо внедрять, особенно в промышленно-технические круги, основы современных представлений о биосфере нашей планеты и о биогеохимических процессах; в научной же биологии необходимо всемерно развивать экспериментальные и теоретические исследования по общей биогеоценологии... Необходимо создавать кадры гидротехников, агрономов и врачей-гигиенистов, знакомых с общими основами учения о биосфере, биогеохимии и биогеоценологии и способных на этой основе к разработке и проведению практических мероприятий по борьбе с радиоактивными загрязнениями».

Охрана природы – важнейшее целевое предназначение радиационной биогеоценологии. Но этим далеко не исчерпывается все ее значение. «Разработка теоретических аспектов радиационной биогеоценологии вместе с общей биогеоценологией, – подчеркивал Н. В. Тимофеев-Ресовский, – несомненно, будет в дальнейшем служить основой совершенно необходимых в будущем мероприятий по повышению биомассы, и в особенности биологической

производительности важнейших природных типов биогеоценозов биосферы Земли».

Эти малоизвестные и, к великому сожалению, не принимаемые в расчет геохимические страницы летописи биосферных идей открывают новые, поразительно богатые по возможностям пути развития человеческой цивилизации.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Радиационная биогеоценология[1]

Вторая половина XX века, характеризующаяся бурным развитием промышленности, особенно химической и атомной, завершает переход биосферы в новую ее стадию – н о о с ф е р у, т. е. такую стадию, когда роль человека в жизни биосферы становится общепланетарной и настолько значительной, что будет определять ее работу и эволюцию.

Переход биосферы в стадию ноосферы требует от человечества глубокого, всестороннего и строго количественного изучения биосферы, баланса ее вещества и энергии, а также процессов и взаимосвязей, протекающих в ней. Без этого невозможно разумное, построенное на строго научной основе, хозяйственное использование природных ресурсов. Изучением биосферы занимаются в широких масштабах представители самых различных научных дисциплин на всех уровнях проявления жизненных процессов: молекулярном, клеточном, онтогенетическом и биосферном. Однако теоретической основой, замыкающей и объединяющей широкий круг такого рода исследований, является о б щ а я б и о г е о ц е н о л о г и я – наука об элементарных биохорологических единицах биосферы и процессах, протекающих в них.

Общая биогеоценология, созданная В. Н. Сукачевым (в этой работе перечислены и другие его труды в этой области), является наукой смежной между биологией и биогеохимией, обнимая как живые, так и косные компоненты биосферы. В этот отношении она родственна (но имеет более общее значение) лесоведению, почвоведению, микробиологии и ряду других дисциплин, которые в современном аспекте являются органической частью общей биогеоценологии.

Поэтому ее задачи и методы весьма разнообразны; коротко они сводятся к следующему: общая биогеоценология занимается:

---

[1] Написана в соавторстве с Ю. Д. Абатуровым. Печ. по: Доклады комиссий Обнинского отдела Географического отдела Географического общества СССР. Вып. 2. 1970. При перепечатке опущены ссылки на литературные источники.

а) хорологическим подразделением биосферы на элементарные биохорологические единицы – б и о г е о ц е н о з ы, в которых протекают основные элементарные процессы биогеохимической работы, производимой организмами в биосфере; б) изучением круговорота вещества и энергии в биогеоценозах; в) геохимических связей между смежными биогеоценозами и г) анализом условий и причин динамического равновесия, в котором находятся биогеоценозы и их способности к саморегулированию.

Существенным разделом общей биогеоценологии, возникшим в связи с переходом биосферы в стадию ноосферы, является изучение антропогенных факторов, воздействующих на биогеоценозы и биогеоценотические процессы. К числу таких факторов, особенно важных в настоящее время, в первую очередь следует отнести химическую и атомную промышленность, продукты и отходы которых особенно сильно воздействуют на живые организмы и изменяют среду их обитания.

Разнообразие задач, решаемых общей биогеоценологией, обусловливает разнообразие методов и опытов, применяемых при биогеоценотических исследованиях, которые можно подразделить на две основные группы: 1) сравнительно физико-географические исследования, проводимые на естественных, природных биогеоценозах с различными физико-географическими условиями и 2) экспериментальные исследования, объединяющие опыты в природных биогеоценозах, проводимые с целью выяснения отдельных процессов или компонент внутри этих биогеоценозов.

Особенно удобным для количественной и точной работы в опытах второй группы (группы экспериментальных исследований) является применение радиоизотопов для прослеживания судьбы различных химических элементов и применение ионизирующего излучения для изучения устойчивости и равновесия биогеоценозов. Этот раздел экспериментальной биогеоценологии, использующий в своих исследованиях радиоизотопы и ионизирующее излучение, может быть выделен под названием «р а д и а ц и о н н а я б и о г е о ц е н о л о г и я» (Н. В. Тимофеев-Ресовский, 1957, 1962, 1964; Н. В. Тимофеев-Ресовский и др., 1957).

Конкретные задачи и методы радиационной биогеоценологии, как и общей, весьма разнообразны. Среди них наиболее существенными являются: а) изучение накопления, распределения и миграции радиоизотопов в биогеоценозах и между смежными биогеоценозами, входящими в состав определенных геохимических ландшафтов; б) воздействия (как в результате инкорпорации радиоизотопов или их введения в эдафическую среду, так и при облучении извне) на биомассу, структуру и состав (а следовательно, на биохимическую работу) биоценозов, входящих в состав различных биогеоценозов.

Экспериментальные системы, с которыми проводятся опыты в радиационной биогеоценологии, как правило, представляют со-

бой сравнительно простые системы, моделирующие отдельные звенья сложных природных биогеоценозов и протекающих в них процессов. Опыты могут проводиться как в лабораторных, так в полулабораторных условиях и на участках природных биогеоценозов различной сложности. Чисто лабораторные опыты имеют своей целью точное изучение влияния разных доз облучения на различные виды живых организмов, сорбции различных радиоизотопов почвами в зависимости от физико-химических свойств соответствующих элементов и форм, в которых они поступают в систему, с учетом особенностей почв, а также количественное изучение динамики и уровня накопления разных радиоизотопов различными видами живых организмов, грунтов и почв, с учетом путей выделения и других форм обратного поступления из организмов в косную среду. Полулабораторные опыты и опыты в природных условиях, моделирующие простые биоценозы (при точном значении параметров системы), позволяют количественно изучить влияние облучения на популяции и сообщества живых организмов, их состав, структуру и биомассу и возможное влияние одних видов, входящих в сообщество, на биохимическую и биогеохимическую работу других, а также позволяют экспериментально подойти к решению вопроса об условиях биогеоценотического равновесия, его нарушения и саморегулирования. Опыты в природных биогеоценозах, на опытных площадках в пределах различных типов биогеоценозов, дают возможность оценить роль организмов в миграции различных химических элементов и проследить их судьбу в однотипных биогеоценозах, а также выявить влияние физико-географических и почвенных условий на распределение и миграцию одних и тех же радиоизотопов.

Наиболее существенной чертой радиационной биогеоценологии является проведение экспериментов с точки зрения общих принципов биогеоценологии и с учетом того, что отдельные изучаемые компоненты и явления должны рассматриваться как составляющие общего биогеоценотического процесса.

Таким образом, радиационная биогеоценология может быть определена как экспериментальная ветвь общей биогеоценологии, занимающаяся изучением биогеоценологических процессов с применением радиоизотопов и ионизирующего излучения, а также оценкой роли радиоизотопов и ионизирующего излучения в работе, перестройке и эволюции природных биогеоценозов и биосферы в целом.

В последнее время в научной литературе в качестве синонима или аналога термина «радиационная биогеоценология» часто применяется термин «радиоэкология» (Вопросы экологии. 1968). Появление этого термина обязано весьма неясно сформулированному термину «экосистема», включающему, в сущности, понятия трофических цепей различной комплексности, вместо всесторонне обоснованного термина «биогеоценоз». На уровне современного

изучения биосферы земли все преимущества, несомненно, на стороне биогеоценологии, представляющей «биогеоценоз» как саморегулирующуюся элементарную единицу биосферы с присущим ей вещественно-энергетическим круговоротом.

Радиационная биогеоценология, подобно большинству естественноисторических дисциплин, имеет два аспекта – теоретический и практический.

Теоретическое значение радиационной биогеоценологии сводится к следующему. Применение в опытах радиоизотопов позволяет с большой точностью (значительно превышающей таковую других методов) количественно изучать в динамике судьбу отдельных химических элементов в пределах биогеоценоза и обмена между биогеоценозами; а это надо считать основными элементарными процессами, протекающими в биосфере. Наряду с этим, применение ионизирующих излучений в качестве мощного и относительно мало специфичного воздействия на сообщества живых организмов, населяющих биогеоценозы, позволяет, опять-таки количественно и точно, изучать биомассу, структуру биоценоза и влияние их изменений на динамику, относительное количественное значение биогеохимических процессов и судьбы отдельных элементов в биогеоценозах. Особое значение в этих случаях имеет то обстоятельство, что при сравнении различных природных биогеоценозов мы почти всегда имеем дело с хотя и очень различными, но находящимися в состоянии динамического равновесия (климакса) системами; разными же точно определимыми дозами ионизирующих излучений мы имеем возможность качественно и количественно в разной степени выводить биоценозы из равновесия и наблюдать их переход в новое относительно стабильное состояние. Экспериментальная радиационная биогеоценология является, таким образом, весьма существенным дополнением к данным, получаемым общей сравнительной биогеоценологией, и их углублением и уточнением. Изучение существующих загрязнений биосферы отходами атомной и химической промышленности имеет, конечно, большое практическое значение, но точное научное прогнозирование результатов таких загрязнений может производиться лишь с биогеоценотических позиций, ибо лишь знание распределения, концентрации и миграции элементов по различным компонентам биогеоценозов позволяет как предсказывать судьбу этих загрязнений, так и принимать своевременно разумные профилактические меры.

Разработка теоретических аспектов радиационной биогеоценологии вместе с общей биогеоценологией, несомненно, будет в дальнейшем служить также основой совершенно необходимых в будущем общих мероприятий по повышению биомассы и, в особенности, биологической производительности важнейших природных типов биогеоценозов биосферы Земли. В этом смысле интенсивное развитие как общей, так и радиационной биогеоцено-

логии теснейшим образом связано с проведением международной биологической программы.

В заключение еще раз необходимо подчеркнуть неизбежность всестороннего и глубокого изучения окружающей нас природы, необходимость этих исследований диктуется ростом населения Земли и опасностью подрыва человеком ее общей биологической продуктивности.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии[1]

I. Введение

§ 1. За первые два десятилетия нашего века, в основном под влиянием замечательных идей и работ В. И. Вернадского, сформулировалась геохимия, как особая наука об истории и судьбе химических элементов в земной коре. Судьба химических элементов в земной коре определяется, как известно, двумя основными группами факторов: внутренними и внешними геологическими процессами. При этом внутренние геологические процессы, главным образом горообразование и вулканизм в широком смысле слова, являются, в основном, поставщиками магматического материала на поверхность земного шара и в земную кору. На дальнейшую судьбу и распределение химических элементов в земной коре, гидросфере и атмосфере они влияют лишь косвенно, частично определяя интенсивность и направление денудационных процессов. Последующее распределение, рассеяние и концентрация химических элементов в земной коре в значительной мере определяются внешними геологическими процессами денудационного характера, в которых принимают участие воздух, вода и живые организмы, в связи с колебаниями общеклиматических факторов, изменениями интенсивности и направления стока гидрометеоров и вариациями в распределении биомассы на поверхности Земли. Наряду с этим, большое значение в судьбе элементов имеют, как особенно ясно было показано А. Е. Ферсманом и В. М. Гольдшмитом, строение атомов и ионные радиусы различных химических элементов; ими определяются процессы сорбции и изоморфизма, играющие весьма существенную роль как в образовании пород, так и миграции элементов в биосфере, в том числе и в биогенной миграции.

---

[1] Печ. по: Ботанический журнал. 1957. Т. 42. № 2. С. 161–194. Здесь не приводится обширный цифровой материал статьи.

§ 2. Начиная с конца второго десятилетия текущего века В. И. Вернадский особенно много внимания уделял роли живых организмов в геохимических процессах. К 1926 году им было сформулировано общее учение о биосфере (Вернадский, 1926). Сохранив старый зюссовский термин, он вложил в него совершенно новое содержание. Биосфера, в понимании В. И. Вернадского, обнимает всю ту часть поверхности Земли, в которой основную геохимическую роль играют живые организмы. В нее входит, таким образом, не только собственно пленка живых организмов (выделяемая Е. М. Лавренко в отношении растений в понятие фитосферы), но и вся тропосфера, гидросфера и большая часть толщи осадочных пород и продуктов денудации. Большинство осадочных пород и продуктов денудации является либо преимущественно, либо частично образованиями биогенного происхождения; эту часть общей биосферы В. И. Вернадский иногда называет остатками былых биосфер.

§ 3. В связи с большой и специфической ролью, которую играют живые организмы в геохимии биосферы, В. И. Вернадским была сформулирована особая дисциплина – биогеохимия. Основными ее задачами являются изучение участия живых организмов в энергетических процессах биосферы, в круговороте, миграции и концентрации химических элементов, денудационных процессах, в формировании почв, природных вод и осадочных пород.

§ 4. Биогеохимия при этом является дисциплиной геохимической и изучает живые организмы лишь в качестве одного из геохимических факторов. Кроме того, на современном этапе развития она неизбежно является наукой «больших масштабов». Ее хорологическая проекция (установление и изучение биогеохимических провинций) также должна являться пока районированием в рамках общего изучения геохимических ландшафтов.

§ 5. Но, наряду с биогеохимией, уже сейчас возможно и необходимо развитие «встречной» биологической дисциплины. Биогеохимия в сравнительно больших масштабах изучает преимущественно результат биогеохимической деятельности живых организмов, концентрируя свое внимание на общих геохимических закономерностях и частной геохимии отдельных элементов. Задачей же соответствующей биологической дисциплины должно являться детальное изучение отдельных элементарных биоценозов в их тесной связи со всеми косными компонентами занимаемой ими территории; при этом необходимо охватить круговорот энергии и элементов, перераспределение элементов в пределах занимаемого биоценозом участка земной поверхности и связи в этом отношении данного биоценоза с соседними. Эта биологическая дисциплина будет вскрывать отдельные конкретные механизмы геохимической деятельности отдельных видов и определенных сообществ живых организмов и будет находиться в таких же отношениях к биогеохимии, в каких изучение микроэволюционных процессов

находится по отношению к общему изучению макроэволюции (Тимофеев-Ресовский, 1940; Бауер и Тимофеев-Ресовский, 1943).

§ 6. Эта «встречная» биологическая дисциплина уже создана в формулировке В. Н. Сукачевым биогеоценологии (Сукачев, 1945, 1947, 1948, 1949; Сукачев и др., 1950). Большинство школ и направлений классической биоценологии занимается, в сущности, лишь процессами формирования и перестроек сообществ живых организмов, вынося, так сказать, за скобки, как само собой разумеющуюся, связь биоценоза с биотопом. Биогеоценология в понимании В. Н. Сукачева естественно устраняет разрыв между биоценозом и соответствующим биотопом, объединяя их в общее понятие биогеоценоза; при этом исследовательская задача ставится в «геохимическом стиле» В. И. Вернадского. Задачей биогеоценологии является, по В. Н. Сукачеву, изучение баланса энергии и химических элементов живых и косных компонентов в пределах биогеоценоза.

§ 7. Биогеоценология ставит себе, таким образом, важные и современные задачи. Она, в сущности, должна явиться главной основой будущего рационального изучения и использования человеком естественных биологических продуктивных сил Земли. В частности, велика будет и ее роль в получении человеком, путем накопления определенными живыми организмами, некоторых редких и рассеянных элементов в сверхкларковых концентрациях. Конечно, для создания с помощью биогеоценологических исследований рациональных основ освоения и изучения биологических производительных сил Земли и для нахождения конкретных биогеохимических механизмов необходимо скорейшее развитие комплексных стационарных работ по изучению биогеоценозов.

§ 8. Наряду с таким изучением природных биогеоценозов, их классификацией и биогеоценологическим анализом природных ландшафтов, совершенно необходимо развитие экспериментальной биогеоценологии (Тимофеев-Ресовский, Порядкова, Сокурова и Тимофеева-Ресовская, 1957). Задачей этой дисциплины должно являться создание «искусственных биогеоценозов» или выделение мелких природных участков определенного, точно известного биогеоценологического состава; их можно экспериментально подвергать определенным энергетическим воздействиям, вносить в них точно контролируемые вещества или производить качественные и количественные изменения в сообществах живых организмов. В таких экспериментах полностью сохраняются задачи и цели биогеоценологических исследований. Развитие экспериментальной биогеоценологии может сильно ускорить и уточнить накопление соответствующего материала и тем заметно облегчить работу как общей биогеоценологии, так и биогеохимии.

§ 9. Кроме чисто теоретических задач, экспериментальная биогеоценология может разрешать и ряд практических задач, непосредственно связанных с агрономией в широком смысле слова, с

использованием природных ресурсов и изучением воздействия человека (в особенности через современную промышленность) на биологические ресурсы и протекание биогеохимических процессов в природе.

§ 10. Из геологии хорошо известна большая разница в пластах, образовавшихся на суше и в водоемах. В водоемах, как морских, так и пресноводных, механизм осадкообразования, геохимические процессы, условия миграции и концентрации элементов, а также характер участия во всех этих процессах живых организмов иные, чем на суше. Суша и водоем занимают также различное место в столь мощном факторе перераспределения элементов, каким является сток. Поэтому совершенно закономерно говорить о геохимии моря (Виноградов, 1935 – 1944), о геохимии почв (Виноградов, 1950) или геохимических ландшафтах суши (Перельман, 1955). В экспериментальной биогеоценологии вся методика работ с водоемами также весьма резко отличается от таковой при работе с наземными биоценозами. Надо ожидать, что среди биогеохимических механизмов в водоемах ведущими окажутся иные, чем на суше. Совершенно ясно, например, что на суше особую роль играет почвообразование и взаимоотношения между почвами и стоком; в водоемах же морского и озерного типа особую роль играет концентрация элементов в донных отложениях в зависимости от условий стока, климата и от характера биологической продуктивности и состава биоценозов водоема.

§ 11. Биогеоценологическое исследование водоемов, кроме того, имеет еще особое значение в связи с рядом чисто практических вопросов. Как известно, промышленная деятельность человека связана с образованием весьма больших масс сточных вод, загрязненных, часто в очень сильной степени, продуктами отхода различных производств. В последнее время появляются воды, содержащие те или иные концентрации целого ряда радиоактивных изотопов. В связи с этим перед экспериментальной биогеоценологией водоемов встают специальные задачи, связанные с загрязнением природных вод и возможными методами их биологической очистки и дезактивации.

§ 12. Возможности экспериментально-биогеоценологических исследований участков суши и пресноводных водоемов практически не ограничены. В отдельных опытах можно варьировать состав биоценозов, состав вносимых в биогеоценоз веществ, способ, время и место их внесения и, наконец, можно варьировать формы энергетических воздействий на биоценозы. Особенно интересные возможности представляет собой применение ионизирующих излучений и метода меченых атомов в экспериментальной биогеоценологии. Применение радиоактивных изотопов позволяет не только изучать влияние на биомассу и структуру сообществ определенного, точно дозируемого фактора (ионизирующее излучение), но и прослеживать, с достаточной точностью в количествен-

ном отношении, распределение соответствующих элементов по различным живым и косным компонентам биогеоценоза. В связи с этим в нашей лаборатории начат ряд опытов (с применением метода меченых атомов) по экспериментальной биогеоценологии как наземных и внутрипочвенных сообществ, так и водоемов. В настоящем сообщении будут приведены результаты некоторых из этих опытов.

Основной задачей этого сообщения является не подробное описание окончательных результатов того или иного опыта, а иллюстрации, с помощью краткого изложения нескольких различных работ, общего направления и возможностей экспериментальной биогеоценологии при применении метода меченых атомов.

В проведении опытов участвовали Б. М. Агафонов, Н. В. Куликов, Н. А. Порядкова, Е. Н. Сокурова и Е. А. Тимофеева-Ресовская.

II. Результаты некоторых опытов с наземными фитоценозами и бактериальными педоценозами

§ 13. Для проведения опытов с элементарными наземными биогеоценозами были сооружены серии специальных изолированных грядок длиною в 20м и шириной и глубиной по 1м. Нижние 50см этих грядок были засыпаны песчано-щебнистой подпочвой, а верхние 50 см плодородной луговой почвой; подпочва и почва во всех грядках были, конечно, одинаковыми. Часть этих грядок служила контролем, а в другие вносились разные количества раствора осколков урана, от 1 до 100 *милликюри* на 1м^2 почвы; верхний слой почвы, толщиною примерно в 20 см, тщательно перекапывался, перемешивался и заравнивался железными граблями. Все грядки, контрольные и активные, засевались одинаковым избыточным количеством одинаковой смеси семян 15 различных видов травянистых растений, с таким расчетом, чтобы образовалось перенаселенное, сложное, трехъярусное сообщество: первый (верхний) ярус образовали пшеница, ячмень, овес, горох, чина и лен; второй ярус – вика, чечевица, люпин синий и просо; третий – люпин желтый, эспарцет, люцерна, клевер и тимофеевка.

§ 14. Над сообществами в течение всего сезона проводились визуальные наблюдения и периодически подсчитывалось число экземпляров каждого вида на пробных площадках каждой грядки; в период цветения большинства однолетних видов было убрано по три пробные площадки с каждой грядки, с точным подсчетом, промером и взвешиванием всех растений каждого вида; а в конце вегетации, осенью, была тщательно снята и взвешена общая биомасса с каждой грядки. Из почвы и из всех видов растений брались пробы для измерения активности. Параллельно из почвы

всех грядок периодически брались пробы для определения в них общей массы, числа и группового состава почвенных бактерий.

§ 15. Визуальные наблюдения над сообществами растений показали, что на грядках, в которые было внесено радиоактивное вещество дозами по 1 по 5 *милликюри* на 1м^2, всходы были дружнее и сообщества развивались несколько быстрее и лучше по сравнению с контролем; третья грядка, в которую было внесено 25 *милликюри* на 1м^2, на глаз почти не отличалась от контрольных, а четвертая и пятая грядки, в которые было внесено соответственно по 50 и по 100 *милликюри* на 1м^2 раствора излучателей, показывали заметное на глаз угнетение сообществ. Промежуточная уборка показала, что на грядках со слабыми дозами излучателей (1 и 5 *милликюри* на 1м^2) число растений было несколько повышено (примерно на 5%), а их вес весьма значительно превышал контроль (примерно на 60 – 65%); средняя доза и обе сильные (25, 50 и 100 *милликюри* на 1м^2) дали весьма заметное (на 16 – 26%) понижение по сравнению с контролем числа растений и несколько меньшее, но все же значительное понижение их веса (8 – 24%). Конечная уборка дала повышение общей биомассы по сравнению с контролем на 16 и 40% в первых двух дозах (1 и 5 *милликюри* на 1м^2) и понижение на 5 – 12% в сильных дозах...

§ 16. Рассмотрение сообществ по отдельным видам составляющих их растений показало, что различные виды и группы видов реагируют на внесение излучателей весьма по-разному. Особенно выделяется группа в составе четырех видов *(группа 2:* люпин желтый, эспарцет, люцерна и клевер), которая дает отклонения в весе в положительную сторону от контроля не только при слабых, но и при наиболее сильных дозах излучателей, чего не наблюдается у растений *группы 1,* в которую входят все остальные виды. В *группе 1* наблюдается вполне нормальная стимуляция слабыми и прогрессирующее угнетение сильными дозами излучателя, в то время как *группа 2,* показывая такую же стимуляцию слабой дозой, почти не отличается от контроля в случае трех следующих доз и резко превышает контроль при самой сильной дозе излучений.

Указанное явление наблюдается и при рассмотрении сообществ по трем ярусам. Растения двух первых ярусов дают при слабых дозах излучения весьма небольшое положительное отклонение в числе экземпляров и резкое увеличение веса; при сильных же дозах снижается как число, так и вес растений двух первых ярусов. Третий ярус, дав повышение веса растений при слабых дозах, резко увеличивает число и, особенно, вес растений при наиболее сильной дозе. При заметном угнетении первого яруса при сильной дозе разрастается, в связи с освобождением эдафического пространства, третий ярус, который состоит как раз из видов, давших своеобразную псевдостимуляцию при наиболее высоких концентрациях излучателей. Таким образом, внесение излучателей в почву в малых дозах вызывает лишь незначительные, а при высоких

концентрациях – весьма заметные сдвиги в качественном составе и ярусной структуре сообществ. Слабые дозы к концу вегетации дают перестройку, совершенно сходную с контролем; при сильных же дозах уже с самого начала сообщество резко изменяется, а к концу вегетации многие виды выпадают, а остающиеся совершенно иначе, чем в контроле, распределяются по ярусам.

§ 17. Концентрация излучателей в растениях оказалась заметно различной у отдельных видов и в систематических группах в целом. Различия наблюдались как в общем уровне активности, так и в распределении излучателей по основным органам растений. У злаков и льна активность корней и, особенно, зеленой массы понижена, у однолетних бобовых повышена концентрация излучателей в корнях, у многолетних бобовых – в зеленой массе. Чрезвычайно низкая концентрация излучателей наблюдается у всех видов в семенах. Общая активность надземной массы всех видов растений в среднем лишь несколько ниже активности почвы; таким образом, фитоценоз выносит на поверхность заметную часть содержавшихся в почве излучателей, которая с отмиранием надземной массы будет отложена в верхний перегнойный слой почвы.

§ 18. В почвах тех же самых грядок, на которых высевались описанные сообщества растений, определялось общее количество и состав бактериальной флоры. При всех концентрациях излучателей, даже самых сильных, заметно угнетавших высшие растения, наблюдалась стимуляция как общего веса бактериальной массы, так и числа бактерий на 1г сухой почвы. Бактерии разделялись на три группы: 1) менее терморезистентные споровые формы, 2) то же, более терморезистентные и 3) неспоровые бактерии. Слабые концентрации излучателей более или менее равномерно повышали количество особей всех трех групп бактерий; при более высоких концентрациях соотношения этих форм сдвигались сперва в пользу неспоровых, а затем в пользу менее терморезистентных споровых бактерий. Таким образом, бактериальная флора почвы во всех активных грядках оказалась стимулированной, особенно высокие положительные отклонения от контроля по массе и числу бактерий дали более слабые дозы. Тот факт, что дозы, уже заметно угнетающие растения, являются еще стимулирующими по отношению к бактериальной флоре почвы, вполне понятен, так как бактерии обладают значительно более высокой радиорезистентностью по сравнению с высшими растениями. Специальные опыты с почвой в сосудах показали, что заметное угнетение бактериальной флоры наступает лишь при значительно более высоких концентрациях излучателей, превышающих 5 *милликюри* на 1кг почвы, когда наступает резкое изменение в количественных отношениях разных форм в пользу аэробных и неспоровых бактерий.

§ 19. Вышеописанные опыты показали, что внесение слабых концентраций излучателей в почву вызывает заметную стимуля-

цию биомассы наземного фитоценоза и бактериальной флоры почвы, без ярко выраженной перестройки их ярусного и качественного состава (§ § 15 и 18). Повышение концентрации излучателей ведет к сокращению биомассы и сильной перестройке фитоценоза (§ § 16 и 18); угнетающее и заметно перестраивающее влияние на сообщество почвенных бактерий наступает лишь при очень высоких концентрациях излучателей в почве (§ 18). Растения в своей надземной массе выносят из почвы заметные количества излучателей, которые по отмирании зеленой массы откладываются в верхнем перегнойном слое почвы (§ 17).

III. Результаты некоторых опытов в пресноводных водоемах

§ 20. Опыты по внесению излучателей в пресноводные водоемы проводились в аквариумах, в сериях связанных друг с другом слабопроточных бачков и в сериях наружных небольших прудов. В аквариумы вносились разные концентрации раствора осколков урана и наблюдалось развитие перифитона. Через пруды ежесуточно пропускалось определенное количество раствора осколков урана слабой концентрации и наблюдались дезактивация воды и поглощение излучателей грунтом и биомассой. Через серии бачков пропускались слабые концентрации растворов различных отдельных элементов и изучались дезактивация воды и распределение элементов по разным косным и живым компонентам водоемов.

§ 21. В опытах с перифитоном употреблялись аквариумные банки, вмещавшие 5л озерной воды; в часть из них добавлялся раствор осколков урана в концентрациях от 3 до 600 *микрокюри* на 1л; опыты ставились в 10 повторностях на одном и том же стеллаже в оранжерее. Ниже приводятся результаты двух опытов: в первом было три варианта (контроль, 3 и 600 *микрокюри* на 1л) и продолжался он около 3 месяцев в весенний сезон, а второй опыт состоял из четырех вариантов (контроль, 50, 100 и 200 *микрокюри* на 1л) и продолжался около 5 месяцев в течение весенне-летнего сезона. Во всех сосудах происходило постепенное обрастание поверхностей перифитоном. По окончании опыта перифитон тщательно снимался и взвешивался; в воде и в перифитоне определялась концентрация радиоактивности. Во втором опыте трижды (в марте, апреле и июне) определялся качественный состав перифитона и выявлялись массовые ведущие формы. Опыты показали, что во всех вариантах биомасса перифитона значительно превышает контрольную. В первом опыте, в присутствии излучателей масса перифитона превышает контрольную в 4 – 8 раз, а во втором опыте – в 2 – $3^1/2$ раза. Перифитон в этих опытах состоял преимущественно из водорослей и инфузорий. Повторный просмотр показал, что в присутствии разных концентраций излучателей происходит не только количественное, но и качественное

изменение биоценозов перифитона; оно выражается преимущественно в том, что происходит, усиливаясь под влиянием более высокой концентрации, смена ведущих форм. Измерения концентраций излучателей в воде и перифитоне показали чрезвычайно высокие коэффициенты накопления излучателей (т. е. отношения величин концентраций и активности излучателей в перифитоне и в воде) биомассой перифитона. Величина коэффициентов в разных вариантах опыта колеблется примерно от 6500 до 16 000. В связи с этим происходит соответствующая дезактивация воды.

§ 22. Таким образом, опыты с перифитоном дали результаты, принципиально сходные с результатами изучения наземных биоценозов. Слабые концентрации излучателей вызывают весьма заметную стимуляцию общей биомассы перифитона и некоторую перестройку качественного состава биоценоза. Пресноводные микроорганизмы в очень сильной степени концентрируют элементы, растворенные в воде в ничтожных концентрациях; по отмирании организмов элементы должны накапливаться в донных отложениях.

§ 23. Через серию из трех связанных верхним стоком прудиков (общим объемом около 50м3) ежесуточно пропускалось около 1м3 раствора осколков урана с концентрацией в 10 микрокюри на 1л. Измерялся ежесуточный сток из каждого прудика и определялась активность воды, а также брались пробы для определения концентрации активности в грунте и в биомассе. Коэффициенты накопления в грунте были сравнительно невелики, для песка порядка 5 – 10, а для иловых отложений порядка 400 – 4000; в биомассе же коэффициенты накопления составляли для высших водных растений 200 – 1000, для ряски 1000 – 2000, а для планктона 2000 – 4000. Несколько различных видов водных животных (катушки, прудовики, бокоплавы) дали коэффициенты накопления порядка 500 – 1000; окуни дали сравнительно ничтожные коэффициенты накопления – порядка единиц, поскольку заметная концентрация активности наблюдалась у них главным образом в чешуе, жабрах и, лишь отчасти, в скелете. Если всю впущенную в первый пруд активность (более кюри) принять за 100%, то грунты и биомасса первого пруда задержали около 95%, в воде осталось 2,3% и вытекло во второй пруд 2,8% всей исходной активности; из второго пруда в третий вытекло 1,8 %, а из третьего пруда 0,7% исходной активности. Как видно, второй и третий пруды задерживали активность значительно хуже первого, в меньшей степени по сравнению с первым. Это объясняется, во-первых, тем, что первый пруд был в полтора раза больше двух других и потому проток в нем был медленнее; во-вторых, причина в том, что в первый пруд подавалась смесь различных элементов, из которых в нем задерживались наиболее легко и быстро сорбируемые, а в следующие пруды поступала уже менее «благоприятная» комбинация излучателей.

§ 24. В общем, установка из трех прудов очень хорошо дезактивирует воду, пропуская менее одного процента исходной активности. С наружными прудами различного типа опыты велись в течение трех лет. При этом, как и следовало ожидать, они не показывают еще признаков насыщения. Постоянно возобновляющаяся биомасса продолжает концентрировать излучатели из воды и, отмирая, откладывает их в иловых донных отложениях, где они и захораниваются; активность донных отложений довольно быстро возрастает до известного предела, после чего почти не увеличивается, благодаря наступающему равновесию, определяемому радиоактивным распадом излучателей.

§ 25. В сериях из связанных друг с другом слабо проточных бачков можно проводить более точные опыты, с полным балансом активности и точным учетом ее распределения по различным живым и косным компонентам; можно проводить опыты с чистыми растворами отдельных радиоактивных изотопов. Моделируя опыты с наружными водоемами, метод бачков, отличаясь значительно меньшими лабораторными или полулабораторными масштабами, является более гибким, удобным и быстрым. В бачки кладется грунт, сажаются водяные растения, напускается вода, и они стоят некоторое время для того, чтобы в них образовалось определенное сообщество. Затем через серию из 6–10 связанных друг с другом верхним стоком бачков, так же, как через пруды, ежесуточно пропускается определенное количество раствора; суточная подача составляет от $^1/_{30}$ до $^1/_{50}$ общего объема воды в серии.

§ 26. Такие опыты в сериях бачков проводятся нами с растворами (концентрацией в 10 *микрокюри* на 1л) осколков урана, фосфора, серы, железа, кобальта, цинка, стронция, иттрия, циркония, рутения, цезия, церия. Большинство этих элементов практически не проходит через всю серию, целиком задерживаясь и не доходя до последнего бачка. Некоторые (сера, стронций, рутений) в ничтожном количестве (1 – 4%) проходят через всю серию и задерживаются целиком лишь при уменьшении скорости протока. По окончании опыта учитывается полный баланс активности в бачках, с определением ее распределения по основным компонентам и установлением коэффициентов накопления в грунтах и биомассе.

В качестве примера можно привести распределение по основным компонентам стронция, цезия и церия. Эти элементы являются представителями трех различных групп, отличающихся характером распределения: 1) стронций – более или менее равномерное распределение между водой, грунтом и биомассой, 2) цезий – преимущественное накопление в грунте и 3) церий – преимущественное накопление в биомассе. Соответственно у стронция относительно низкие коэффициенты накопления в грунте (1 – 1,5) и в биомассе (1000 – 1200), у цезия особенно высокие коэффициенты накопления в грунте (10 – 25), при довольно высоких в биомассе

(8000 – 9000), а у церия – особенно высокие в биомассе (10 000 – 40 000), при довольно высоких в грунте (8 – 10). По абсолютному значению наивысшие коэффициенты накопления (порядка 10^4) дают планктон, перифитон и детрит, заметно меньшие (порядка 10^3) – высшие водные растения и сравнительно низкие (1 – 30) – грунты; при этом большинство элементов почти целиком сорбируется в верхних сантиметрах толщи грунта.

В опытах с сериями бачков легко можно изучать и влияние ряда других факторов на распределение элементов по основным компонентам водоема. Например, опыты по влиянию pH воды на распределение смеси осколков урана показали, что при понижении pH (кислая среда) резко снижается сорбция в грунтах и больший процент осколков урана остается в воде; при повышенном pH (щелочная среда) снижается накопление в биомассе, но резко повышается сорбция грунтом.

§ 27. Таким образом, приведенные выше результаты некоторых водных опытов показывают следующее. Пресноводные организмы, так же как наземные растения и почвенные бактерии, стимулируются слабыми дозами ионизирующих излучений (опыты с перифитоном, § § 21–22); под влиянием более сильных концентраций, при продолжающейся еще стимуляции общей биомассы, происходит заметная перестройка сообщества со сменой ведущих форм. Находящиеся в растворе в ничтожных концентрациях элементы поглощаются из воды грунтами и биомассой, с очень высокими коэффициентами накопления в биомассе (особенно в перифитоне, планктоне и детрите) и значительно более низкими в грунтах (§ § 24 и 25). Разные элементы отличаются при этом по типу распределения (§ 26); на тип распределения могут влиять и сопутствующие условия, например активная реакция воды (§ 26).

IV. Заключение

§ 28. Из всех описанных выше, довольно разнообразных опытов могут быть сделаны следующие общие выводы. Вносимые в почву и воду излучатели, с одной стороны, служат удобным индикатором, позволяющим легко проследить их судьбу и распределение (метод меченых атомов), а с другой – они, как излучатели, действуют на живые организмы своими излучениями. В последнем смысле (действие излучений) для всех трех изученных типов сообществ (наземный фитоценоз, почвенный бактериоценоз и пресноводный перифитон) были получены принципиально сходные результаты; стимуляция биомассы сообщества, без заметной его перестройки, под действием слабых концентраций и угнетение биомассы, сопровождающееся резким изменением структуры сообщества, под влиянием высоких концентраций. При этом высшие растения являются значительно менее радиорезистентными, чем бактерии и организмы перифитона; разные виды при этом заметно

отличаются в данном отношении друг от друга. Радиостимуляция слабыми дозами ионизирующих излучений является, по-видимому, типичной для всех живых организмов (Тимофеев-Ресовский, Порядкова, Макаров и Преображенская, 1957).

Количественные различия между разными видами в отношении радиостимуляции и радиоугнетения создают весьма сложное и дифференцированное действие излучений на биоценозы; сложность усугубляется борьбой разных компонентов сообщества за эдафическую среду, освобождаемую угнетенными видами. Все живые организмы обладают относительно высокими коэффициентами накопления рассеянных и редких элементов из эдафической среды (почвы, воды и пищевых веществ). При этом для каждого вида животных организмов по отношению к каждому химическому элементу (или группе элементов) наблюдаются типичные значения коэффициентов накопления и распределения по органам при определенных условиях. Особенно высокие коэффициенты накопления наблюдаются у водных организмов, достигая по отношению к некоторым элементам у планктона и перифитона порядка 10^4.

§ 29. Применение меченых атомов позволяет прослеживать судьбу и распределение по компонентам элементов, вводимых в экспериментальный биогеоценоз. Работа с водоемами значительно проще, чем с наземными биогеоценозами. Особенно удобны серии бачков. По отношению к целому ряду элементов уже изучено их накопление в грунтах и биомассе водоемов, ведущее к весьма значительной очистке воды. При этом намечаются группы элементов, сорбируемых преимущественно грунтами (группа цезия), особенно сильно поглощаемых биомассой (группа церия) и распределяющихся более или менее равномерно между водой, грунтом и биомассой (группа стронция). В принципе ясна судьба большинства элементов, поступающих в малых концентрациях в воду: они в значительно повышенных концентрациях откладываются в донных отложениях, в которых (в мелких водоемах через детрит) захоранивается, в конце концов, и вся отмирающая биомасса. Это создает благоприятные предпосылки для разработки биологических методов дезактивации воды. В отношении наземных биогеоценозов опыты проводились пока лишь со смесью различных элементов (смесь осколков урана); поэтому мы мало еще знаем о поведении в фитоценозах и почвах различных групп отдельных элементов. Фитоценозы, во всяком случае, выносят на поверхность в своей зеленой массе значительную долю содержащихся в грунтах и почвах микроэлементов: они постоянно, в частично отмирающем биоценозе, переоткладываются в верхнем гумусовом слое. Дальнейшая судьба их пока не прослежена. Нами начаты опыты по изучению влияния растительного покрова на миграцию различных элементов, внесенных в определенный участок почвы. Эти опыты закончены пока лишь со смесью осколков

урана. Они показали, что в местообитаниях, не заселенных высшей растительностью в течение всего вегетационного сезона (благодаря высокой сорбции и слабой десорбции большинства рассеянных элементов почвами), практически не происходит никакой миграции излучателей из места внесения; при наличии же травянистого растительного покрова происходит, хотя и медленная, миграция через корневые системы растений (может быть, при участии ризосфер).

§ 30. Все вышеизложенные опыты можно, в известном смысле, считать ориентировочными. Основной их задачей было не столько накопление подробных частных данных, сколько выяснение принципиальных возможностей применения излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии. Целый ряд вопросов должен выясняться в дальнейших опытах, из них первоочередными мы считаем следующие.

Необходимо систематически собирать материал по коэффициентам накопления из эдафической среды (вода и почва) различных элементов разными видами (или по крайней мере родственными группами) живых организмов, как водных, так и наземных. В этих опытах должны учитываться: физико-химическая форма (ионогенная, комплексная, коллоидная), в которой элемент присутствует в среде, и активная реакция среды. Для грунта водоемов, а также для почв необходимо изучить влияние биоценозов бентоса и почвы на перераспределение и вынос из грунта и почвы отложенных в них элементов. Несомненно, что в основном грунты и почвы являются главными конечными местами концентрации и захоронения рассеянных элементов, накапливаемых биомассой; но столь же ясно, что в известном проценте должно происходить их вторичное рассеивание в результате десорбции (и вторичного перехода в водные растворы) и выноса из мест захоронения некоторыми видами живых организмов. Особенно трудоемкими и в то же время важными являются опыты по точному изучению вертикальной и горизонтальной миграции элементов в почвах и подпочвах из места их захоронения, в присутствии различных наземных фитоценозов (включая их ризосферу) и сообществ почвенных организмов. В качестве завершения предварительного этапа исследований должны проводиться, с помощью метода меченых атомов, в наземных и пресноводных экспериментальных биогеоценозах долгосрочные опыты по изучению точного баланса и распределения важнейших элементов по всем живым и неживым компонентам, с учетом вторичного их рассеяния. Тем самым экспериментальная биогеоценология, пользующаяся радиометрическими методами, начнет выполнять намеченные нами во «Введении» задачи и доставит небезынтересный материал для дальнейшего развития биогеохимии в направлении, указанном В. И. Вернадским, и для разработки общей биогеоценологии в смысле, сформулированном В. Н. Сукачевым.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии[1]

Радиационная биогеоценология является одним из экспериментальных разделов общей биогеоценологии, дисциплины, сформулированной в отношении материала, методов и задач В. Н. Сукачевым около 20 лет назад. По идее и в формулировке В. Н. Сукачева основной задачей биогеоценологии является точное количественное изучение баланса энергии и вещества в далее, как таковых, неподразделимых биохорологических комплексах, состоящих из определенного биоценоза и занимаемого им места обитания, включающего в себя живые и косные компоненты. Методологически биогеоценология, таким образом, в первую очередь связана, с одной стороны, с развитым В. И. Вернадским общим учением о биосфере, а с другой стороны, с чрезвычайно важными (в плане создания современной теоретической биологии) попытками выделения и определения элементарных биологических структур и явлений на разных уровнях комплексности жизни в биосфере.

Переход от чисто эмпирического изучения к построению точных теоретических основ связан в естествознании в значительной мере (если не целиком) с выявлением и достаточно строгой формулировкой элементарных структур и явлений, лежащих в основе соответствующего природного материала, подлежащего исследованию. Лишь наличие таких элементарных структур и явлений позволяет успешно применять математический аппарат (в первую очередь математическую логику) и создавать соответствующую теоретическую дисциплину, подобную уже созданной теоретической механике и теоретической физике и создающейся на наших глазах теоретической химии, чрезвычайно обогащающих, углубляющих и ускоряющих развитие этих разделов естествознания. В биологии, отчасти в связи с комплексностью изучаемого ею материала и относительно быстрым эволюционным (историческим) изменением ее основных объектов – живых организмов и их сообществ, до сих пор не только не создано еще общей «теоретической биологии» (эквивалентной «теоретической физике»), но не выявлены и не сформулированы с достаточной строгостью элементарные структуры и явления для разных уровней изучения жизни и биосферы. Можно выделить по крайней мере четыре основных уровня в изучении явлений жизни на Земле: а) генотипический уровень, обнимающий основные внутриклеточные управляющие системы, осуществляющие главный этап ауторепродукции живых

---

[1] Печ. по: Проблемы кибернетики. Вып. 16. При перепечатке опущены ссылки на литературные источники.

организмов (конвариантную редупликацию, лежащую в основе идентичного самовоспроизведения особей), передающие наследственную информацию от поколения к поколению и определяющие, через изменения своих структурных элементов, наследственную изменчивость; б) онтогенетический уровень, наименее, пока, ясный и сводящийся, по-видимому, к наличию в значительной мере автоматически регулирующейся «системы управляющих систем», осуществляющий упорядоченное во времени и пространстве развитие особи и протекание ее жизненных функций; в) эволюционный уровень, на котором в определенных группах особей в чреве поколений протекает исторический процесс изменения форм живых организмов, в основном приводящий к «видообразованию» и «эволюционному прогрессу», выражающимся в «филогенетической системе форм», и г) биохорологический уровень (на котором, собственно, и протекает жизнь в биосфере и эволюция живых организмов), включающий определенные сообщества разных видов, населяющих соответствующие местообитания, в которых протекают процессы взаимозависимостей и взаимодействий между разными особями и видами сообществ и косными компонентами среды, приводящие к грандиозному биогеохимическому круговороту энергии и вещества в биосфере.

В биологии наибольшая ясность в определении основных понятий, а также в выявлении элементарных структур и явлений достигнута на генетическом уровне; в связи с этим современная генетика является наиболее точной биологической дисциплиной, и в этой области успешно развивается теоретическая работа, тесно увязанная с экспериментами. Блестящее развитие хромосомной теории наследственности, биофизического анализа мутационного процесса и биофизической химии хромосом, фагов и вирусов вскрыло основные черты строения элементарных генетических структур (хромосом) и связанных с ними явлений.

Теоретически наименее ясной является ситуация на онтогенетическом уровне. В целом ряде весьма интересных и остроумных экспериментально эмбриологических работ (в биологической дисциплине, называемой разными авторами «экспериментальной эмбриологией», «механикой развития», «физиологией развития» или «динамикой развития»), опубликованных за последние 50–60 лет, установлено много существенных частных закономерностей. Но все еще не преодолен отрыв от генетики, не создана общая теория онтогенеза и не показаны основные причины и факторы, определяющие строгую упорядоченность, прогрессивную дифференцировку и явления регуляции и реституции в онтогенетическом развитии. В области так называемой физиологической генетики и более широкой области филогенетики мы до сих пор располагаем, с одной стороны, рядом хотя и интересных, но отрывочных сведений по физиологии и биохимии онтогенеза отдельных наследственных признаков (например, «геногормоны» глазных пигментов

у насекомых); с другой стороны, попытки сравнительного анализа количественного изучения изменчивости конечных стадий развития разных мутантных признаков привели лишь к чисто феноменологической систематизации различных явлений и сторон варьирующего проявления отдельных наследственных признаков в условиях изменчивой генотипической и внешней среды.

Развитие классического эволюционного учения в последарвиновский период привело (в первые десятилетия нашего века) к достаточно полному описанию общего хода эволюции на Земле, основных ее этапов и явлений, их общей трактовке с дарвинистических позиций и к установлению общих принципов филогении животных и растений. Но лишь развитие экспериментальной и теоретической генетики позволило, с конца 20-х годов, приступить к достаточно строгому и точному изучению наиболее важных начальных этапов эволюционного процесса и выявлению элементарных явлений и факторов, его определяющих. Началом развития нового направления можно считать появление классической работы С. С. Четверикова о некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики (1926); после этого стали очень быстро развиваться экспериментальная эволюционная генетика (Тимофеевы-Ресовские, 1927, 1940) и математический анализ популяционно-генетических процессов (Райт, 1932), приведшие в конце 30-х и начале 40-х годов к созданию учения о микроэволюции, как дисциплины, изучающей точными генетическими и математическими методами начальные этапы и «пусковые механизмы» эволюционного процесса вплоть до видообразования...

В биосфере Земли жизнь всюду представлена более или менее сложными сообществами, состоящими из популяций различных видов живых организмов (биоценозами), населяющими определенные местообитания. В таких биоценозах входящие в их состав виды связаны друг с другом трофическими, химическими и эдафическими связями; такими же отношениями живые организмы биоценоза связаны с косными компонентами местообитания (климатом, гидрологическими условиями, химизмом среды, почвой и т. д.). В этих сложных комплексах живых и косных компонентов первичными продуцентами живого вещества являются аутотрофные организмы, т. с. зеленые растения – фотосинтетики и хемосинтезирующие бактерии. В целом биосфера является сплошной непрерывной оболочкой Земли; однако она отнюдь не является однообразным континуумом, а состоит из бесчисленного количества в разной степени отличающихся друг от друга местообитаний и населяющих их биоценозов. Общая биогеохимическая работа биосферы (выражающаяся в открытом большом круговороте энергии и вещества), а также ее эволюция, складывается из соответствующих круговоротов и эволюции большого числа различных, в известной мере дискретных участков. Поэтому и на биохо-

рологическом уровне возникает необходимость выделения элементарных биохорологических единиц. Если, в согласии с В. Н. Сукачевым, в биогеоценотической оболочке за нижнюю границу принять верхний водонепроницаемый слой, а за верхнюю – нижние слои тропосферы, то эта оболочка будет состоять из: подпочвенных грунтов с почвенным и грунтовым стоком, почвы с педоценозами, наземных биоценозов и приземных слоев атмосферы, включая весь комплекс основных физико-химических факторов (включающих макро-, мезо- и микрорельеф, от которого, помимо почвенно-климатических условий, зависят векторы стока, гидрологическая сеть, климат и т. п.), а в водоемах – грунты с донными отложениями и населяющих их бентосом, водная масса с ее химизмом и населяющей ее биомассой и нижние слои атмосферы, опять-таки со включением всех основных физико-географических условий. В этой биогеоценотической оболочке могут быть выделены элементарные биохорологические единицы, далее, как таковые (т. е. как элементарные ячейки биогеохимических круговоротов), неподразделимые. Такими элементарными биохорологическими единицами надо считать участки земной поверхности (суши или водоемов), через которые не проходят никакие установимые геоморфологические, климатические, геохимические, почвенные и биоценологические границы; практически, в первом приближении, элементарные биохорологические единицы проще выделять на основании почвенно-фитоценологических критериев. Эти элементарные биохорологические единицы являются, с одной стороны, теми ячейками, в которых протекают обусловленные живыми организмами геохимические процессы в биосфере, а с другой стороны, тем комплексом биотических и абиотических факторов, в котором возникают элементарные эволюционные явления и протекают пусковые механизмы эволюции. В связи с этим понятие элементарных биохорологических единиц должно входить в теоретические основы экспериментальной биогеоценологии; с другой стороны, оно должно учитываться при дальнейшем изучении микроэволюционных процессов, в которых, как на то уже давно указывал В. И. Вернадский, должна учитываться как геохимическая среда, так и эволюция биогеохимической деятельности организмов. Таким образом, биохорологический уровень теоретически тесно связан с эволюционным, а через него и с генетическим уровнем.

Заложив основу количественной оценки огромной роли живых организмов в энергетике и геохимии поверхности Земли, В. И. Вернадский создал общее учение о биосфере. В биосферу В. И. Вернадский включает не только современную «живую пленку» (для которой в отношении растительного покрова Е. М. Лавренко в 1949 году предложил термин «фитосфера»), но и всю ту часть верхних слоев литосферы, в образовании которых живые организмы играли ведущую роль, т. е. в той или иной мере биогенные осадочные породы (области «былых биосфер»), природные воды и

атмосферу. Геолого-геохимическое изучение биосферы В. И. Вернадский выделил в особую дисциплину – биогеохимию; географическим акцентом геохимического и биогеохимического районирования Земли является разработанное Б. Б. Полыновым и А. И. Перельманом учение о геохимических ландшафтах. Биогеохимия изучает в основном геохимическое строение биогенных пород, грунтов, почв, а также распределение результатов геохимической деятельности живых организмов; дисциплиной же, изучающей биогеохимические процессы в их становлении и динамике, т. е. круговороты энергии и вещества в биохорологических комплексах, является созданная В. Н. Сукачевым биогеоценология. Задачей общей биогеоценологии является установление природных элементарных биогеоценозов, более крупных их объединений, разработка типологической классификации биогеоценозов и количественная оценка круговоротов энергии и вещества в отдельных биогеоценозах, а также химико-энергетической связи между разными биогеоценозами и косными компонентами биосферы.

Каждый из основных уровней в явлениях жизни на планете (генетический, онтогенетический, популяционно-эволюционный и биогеоценотический) должен иметь свои «элементарные структуры», т. е. далее неподразделимые (без потери свойств, характеризующих объекты и явления на данном уровне жизни) единицы, характеризующие материал, подлежащий изучению на данном уровне, свои «элементарные явления» и свою «систему управления». Первые два уровня связаны со становлением, организацией и функционированием биологических особей, на третьем уровне происходит историческое изменение, дивергенция и эволюционная адаптация систематических форм живых организмов, а на четвертом – протекает биогеохимическая деятельность в биосфере, в которой в значительной мере определяются как эволюция видов (а тем самым и биогеоценозов, составляющих биосферу), так и геохимические изменения на поверхности Земли. Однако ввиду принципиального единства явлений жизни на земле протекающие на всех уровнях жизненные процессы взаимосвязаны теоретически еще не вполне ясной «системой управляющих систем» высшего уровня. На первом и третьем уровнях уже с достаточной ясностью сформулированы понятия элементарных структур, явлений и факторов, что позволяет создавать теоретическую генетику и теорию механизмов эволюционного процесса. На четвертом уровне нами лишь проведена попытка выделения элементарной биохорологической структуры, каковой мы считаем элементарный биогеоценоз. Основной биологической дисциплиной, изучающей наряду с некоторыми другими дисциплинами весь комплекс жизненных явлений в биосфере, мы считаем биогеоценологию. Задачей, в особенности ее экспериментального раздела, является дальнейшая разработка и уточнение понятия элементарной биохорологической единицы, а также нахождение и формулировка элементарных явлений, протекающих в биогеоценозах.

По-видимому, наиболее существенным моментом в геохимической работе живых организмов является их способность интенсивно накапливать элементы, присутствующие в водных растворах в очень малых концентрациях.

Элементарными явлениями в биогеоценозах являются (в отношении каждого элементарного биогеоценоза) общие балансы энергии и вещества (поступление, использование и длительное захоронение, потеря со стоком и в атмосферу). Собственно элементарными процессами надо считать круговороты вещества и энергии, обусловленные доминантами и эдификаторами соответствующего биоценоза.

На высшем (наиболее комплексном) биохорологическом уровне жизни на Земле элементарной структурой является биогеоценоз, а элементарными явлениями – круговороты энергии и отдельных элементов, связанные с видовыми популяциями, составляющими сообщество элементарной биохорологической единицы, и зависящие от взаимодействий со всем специфическим комплексом биотических и абиотических факторов данного биогеоценоза, а также общий энергетический и вещественный баланс элементарного биогеоценоза, с учетом поступления, перераспределения, превращений, длительного захоронения и выходов вещества и энергии.

Можно резко повысить мобильность даже весьма неподвижных элементов в системах почва – растительный покров с помощью водорастворимых комплексонов; это подчеркивает необходимость развития в опытной агрономии соответствующих экспериментов, а в химической промышленности – изготовления уже сейчас возможно большего набора дешевых хелатных удобрений. Надо производить массовые поиски специфических накопителей, так как, несомненно, некоторые из них в предвидимом будущем приобретут значительный практический интерес в качестве первичных концентраторов некоторых важных рассеянных и редких элементов.

Весьма существенным является увеличение числа опытов по точному изучению судьбы элементов, вносимых в разные модельные и природные биогеоценозы; при этом особенно важным является установление элементарных явлений, т. е. частных круговоротов отдельных элементов в биогеоценозе, обусловленных определенными видовыми популяциями соответствующего сообщества. В этих опытах целесообразно применение метода меченых атомов и желательно установление не только долей внесенного элемента накапливаемой и перераспределяемой биогеоценозом, но также долей длительно откладываемой и выходящей со стоком из пределов данного биогеоценоза; для этих целей легко можно разработать определенные типы модельных биогеоценозов и установок. Весьма интересными явились бы попытки становления более точных связей между круговоротом энергии, круговоротом вещества и первичной продукцией не только в пресноводных, но и в наземных элементарных биогеоценозах. Накопление количест-

венных данных по взаимозависимостям отдельных видов с прочими биотическими и абиотическими компонентами биогеоценозов, включая в эти исследования также определенные давления отбора и аллеопатических связей между видами, позволило бы в предвидимом будущем сознательно создавать биогеоценозы (в широком смысле этого слова) с максимальным выходом полезной человеку продукции; для этих целей необходимо развитие различных типов биогеоценологических опытов, в которых варьируются (качественно и количественно) различные отдельные компоненты модельных биогеоценозов и на опытных площадках в природных биогеоценозах. Весьма интересным являлось бы объединение в одну систему популяционно-генетических и биогеоценологических опытов; это позволило бы с точными критериями подойти к изучению связей определенной популяции в микроэволюционном плане с условиями не только физико-географической среды, но и со всем комплексом биотических и геохимических компонент биогеоценозов. Точное выявление элементарных явлений на биохорологическом уровне и установление связей между биогеоценологическими и популяционно-генетическими процессами позволит ускорить внедрение кибернетических принципов и понятий на популяционно-генетическом и биогеоценологически-биохорологическом уровнях жизни; это, в свою очередь, создаст возможность почти неограниченного применения машинных моделей в целях анализа наиболее комплексных биологических явлений. Нам кажется, что в общем плане при решении проблемы охраны природы, и особенно при изучении и использовании биологических ресурсов Земли, совершенно необходимо исходить из общебиогеоценологических концепций; лишь в этом случае, учитывая всю специфику явлений, протекающих на эволюционном и биохорологическом уровнях жизни, можно избегнуть крупных ошибок и резко повысить использование человеком продуктивности Земли.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями[1]

I. Введение

§ 1. Бурное развитие атомной промышленности за последние 15 лет ставит перед человечеством новую проблему: возможность радиоактивных загрязнений биосферы. Серьезность и масштабы этой проблемы становятся ясными, если вспомнить, что до разви-

[1] Печ. по: Труды Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. 1962. Вып. 22. При перепечатке опущены ссылки на литературные источники.

тия производства искусственно-радиоактивных изотопов (как продукта или как отхода атомной промышленности) во всем мире было несколько сотен граммов концентрированных препаратов естественно-радиоактивных изотопов нескольких тяжелых металлов, т. е., соответственно, несколько сотен кюри радиоактивных излучений; теперь же ежегодно атомной промышленностью во всем мире производятся десятки различных искусственно-радиоактивных изотопов в весьма больших количествах. Развитие и расширение целого ряда старых отраслей промышленности, таких как химическая, металлургическая, нефтяная, лесная, бумажно-целлюлозная и т. д., с достаточной убедительностью показало, что пренебрежение мероприятиями (технически вполне осуществимыми) по охране воздуха, воды, почв и сообществ живых организмов от часто весьма вредоносных отходов промышленности ведет к целому ряду тяжелых последствий. На большие пространства развеваются вредные аэрозоли, в огромных масштабах загрязняются природные воды, обедняются и частично уничтожаются сообщества живых организмов (биоценозы), что ведет к ухудшению среды обитания человека. Кроме того, изменяющее и обедняющее влияние отходов промышленности на большие участки биосферы медленно, но верно подрывает и снижает природные ресурсы и, в особенности, биологическую (наиболее ценную) продуктивность Земли.

§ 2. Опыт вековых наблюдений над возможностью весьма губительных действий на биосферу отходов развивающейся промышленности, если они выходят из-под разумного контроля человеком, а вместе с тем полная уверенность (также основанная на обширном и разностороннем опыте) в возможности неограниченного развития всех отраслей современной промышленности без каких-либо вредных последствий для биосферы, заставляет нас ставить весьма серьезную проблему о быстром и полном изучении всех вопросов, связанных с возможностью воздействия новой атомной промышленности на биосферу, а тем самым на здоровье и благосостояние людей.

§ 3. Любая достаточно широкая проблема о воздействии человека и его промышленной деятельности на окружающую природу должна в настоящее время ставиться на основе созданного В. И. Вернадским общего учения о биосфере и биогеохимических процессах и разработанной В. Н. Сукачевым биогеоценологии, дисциплины, изучающей взаимосвязи между компонентами (косными и живыми) биогеоценозов, как элементарных биохорологических участков современной биосферы, а также взаимодействия между разными биогеоценозами. В этой связи интересующая нас проблема в самых общих чертах сводится к: а) изучению судьбы радиоизотопов, попадающих в различные биогеоценозы; б) изучению действий ионизирующих излучений извне и инкорпорированных радиоизотопов на живые организмы, включая человека, и

в) разработке, пользуясь разумными прогнозами, основанными на изучении судьбы радиоизотопов в биосфере и их действий, различных мероприятий по борьбе с вредными радиоактивными загрязнениями.

§ 4. В настоящем сообщении будут весьма кратко сформулированы некоторые уже имеющиеся представления по этим трем основным разделам общей проблемы о влиянии радиоактивных загрязнений на биосферу и возможных мероприятиях по борьбе с этими загрязнениями.

II. Судьба радиоизотопов, попадающих в биосферу

§ 5. В общем понятии судьбы радиоизотопов, попадающих в биосферу, практически наиболее важными являются вопросы о путях и размерностях их миграции из центров загрязнений, о их распределении по различным косным и живым компонентам загрязненных биогеоценозов, а также об их перераспределении и концентрациях в этих компонентах.

§ 6. Наиболее быстрыми и мощными путями миграции и разноса радиоизотопов из мест загрязнения (понимая под таковыми все случаи выхода из-под разумного контроля человеком) являются: ветровое перемещение аэрозолей (радиоактивных пылей, дымов и туманов) и вынос текучими водами (морскими течениями, реками, ручьями и сточными водами). Этими путями, при небрежном отношении к отходам, могут легко и быстро быть радиоактивно заражены относительно большие площади почв с населяющими их биоценозами и крупные открытые водоемы. Более медленным и менее мощным, но зато весьма постоянным и длительным путем миграции радиоизотопов является постепенное распространение их живыми организмами. Этот биологический путь миграции сводится в основном к постепенному распространению и разносу излучателей из мест первичного загрязнения сообществами живых организмов почвы (педоценозами), корневыми системами и ризосферами растений, листопадом и различными растительными остатками, планктоном и другими водными биоценозами, насекомыми, птицами и другими массово размножающимися и мигрирующими животными. Все эти пути биологической миграции осуществляются как в результате активной или пассивной мобильности живых организмов (а также их продуктов метаболизма и их остатков), так и с помощью сложных пищевых цепей в биоценозах.

§ 7. Распределение радиоизотопов по различным компонентам биогеоценозов определяется в первую очередь установлением динамических равновесий (зависящих от динамики сорбции и десорбции в широком смысле этого слова) между жидкой (природные воды и почвенные растворы) и твердой (почвы, грунты и водопроницаемые горные породы) фазами, а также накопле-

нием радиоизотопов живыми организмами из окружающей их среды.

§ 8. По отношению к микроконцентрациям большинства химических элементов мелкодисперсные фазы горных пород, грунты, а особенно илы и почвы являются очень хорошими сорбентами. Поэтому большинство радиоизотопов концентрируется (при поверхностном поступлении) в верхних слоях почвы и в донных отложениях водоемов, по которым лишь медленно и в незначительных концентрациях мигрирует с природными водами. Продвижение различных радиоизотопов с природными водами и растворами по грунтам и почвам, естественно, несколько различно, завися количественно и качественно от химической природы соответствующих элементов и от той физико-химической формы, в которой данный изотоп поступает в раствор. Этими же причинами частично определяется и разная степень накопления различных радиоизотопов разными группами и видами живых организмов из окружающей их среды.

§ 9. В общем, все виды живых организмов обладают способностью более или менее интенсивно накапливать почти все рассеянные микроэлементы, находящиеся в среде их обитания в ничтожных концентрациях. Эту их способность мы выражаем количественно с помощью коэффициентов накопления, являющихся отношением концентраций данного радиоизотопа в организме и в среде его обитания; коэффициенты накопления показывают, таким образом, во сколько раз концентрация радиоизотопа в организме выше, чем в окружающей его среде (в состоянии некоторого динамического равновесия). Коэффициенты накопления разных радиоизотопов различными видами живых организмов могут быть весьма различны, выражаясь цифрами от десятков до десятков тысяч; особенно высоки они у пресноводных организмов, равняясь для многих радиоизотопов (особенно для катионов металлов и редких земель) у водных растений, мелких беспозвоночных и, особенно, планктона тысячам и десяткам тысяч. Высокие коэффициенты накопления объясняются особенностями минерального обмена всех живых организмов (в еще недостаточно изученные детали которого мы входить не будем), благодаря которым поступление микроэлементов в организм протекает значительно быстрее, чем их выделение (или, что то же самое, стойким связыванием поступивших в организм микроэлементов). Высокие коэффициенты накопления большинства радиоизотопов живыми организмами приводят к тому, что в биомассе загрязненных биогеоценозов (наземных или водных) концентрация излучателей очень скоро становится во много раз более высокой, чем в косных компонентах.

§ 10. Живые организмы являются, в связи с вышеупомянутым их свойством накоплять рассеянные и микроэлементы, самым мощным фактором длительного перераспределения радиоизото-

пов по различным компонентам биогеоценозов. Извлекая и концентрируя их из природных вод и растворов (а частично, благодаря непосредственному контакту корневых систем растений, и из твердой фазы почв и грунтов), живые организмы концентрируют радиоизотопы в своей биомассе; благодаря росту и размножению живых организмов этот мощный процесс концентрации радиоизотопов биомассой из всех пронизанных жизнью косных участков биогеоценозов является постоянным. Все время происходящее частичное отмирание биомассы ведет к отложению накопленных живыми организмами радиоизотопов в местах максимального скопления органических остатков и детрита; количественно наиболее важными местами накопления органических остатков являются поверхность и верхние горизонты почвы на суше и донные отложения в водоемах. Из этих мест накопления радиоизотопы частично опять извлекаются, концентрируются и вновь перераспределяются в основном живыми организмами; часть их, по корневым системам растений и с педоценозами, мигрирует в нижележащие горизонты почв и грунтов, а лишь незначительная часть (благодаря упоминавшейся уже мощной сорбционной способности грунтов и почв) мигрирует со стоком. По корневым системам растений и их ризосферам, с педоценозами, через пассивный (водой и ветром) или активный (живыми организмами) разнос органических остатков с концентрированными в них радиоизотопами, а также благодаря непосредственному передвижению и перемещению живых организмов, происходит медленное, но постоянное горизонтальное продвижение излучателей из мест первоначальной максимальной концентрации.

§ 11. Таким образом, судьбу вышедших из-под контроля человеком излучателей можно представить себе (конечно, в упрощенном и схематизированном виде) следующим образом. Первично определенная территория или водоемы загрязняются ветровым разносом аэрозолей или приносом излучателей текучей водой. В случае наличия соответствующих возможностей (пылящие поверхности и проточные воды) этот процесс распыления ветром и сноса проточной водой может продолжаться из мест первичного загрязнения и далее. Но, благодаря высокой сорбционной способности почв и грунтов, а также весьма высоким коэффициентам накопления живыми организмами, максимальная концентрация в зараженных биогеоценозах образуется в биомассе, органических остатках, верхних горизонтах почвы и в донных отложениях водоемов. В дальнейшем горизонтальная и вертикальная миграции и перераспределение протекают медленно (но постоянно), в основном в результате жизнедеятельности населяющих соответствующие биогеоценозы сообществ живых организмов. Благодаря высоким коэффициентам накопления, живые организмы (а также детрит, свежий ил, лесная подстилка и другие органические остатки) могут служить хорошими индикаторами радиоактивных

загрязнений; с другой стороны, это же свойство живых организмов быстро концентрировать и накоплять радиоизотопы можно, как будет упомянуто ниже, использовать для биологической дезактивации радиоактивно загрязненных почв и, в особенности, сточных вод.

III. Биологические действия радиоактивных излучений

§ 12. Даже весьма значительные, с точки зрения радиоактивности, количества радиоизотопов представляют собой ничтожное по общей массе количество вещества этих изотопов; или, что то же самое, весьма высокие с точки зрения радиоактивности концентрации излучателей являются в то же время с химической точки зрения ничтожными, часто субаналитическими концентрациями. Биологическое действие радиоактивных изотопов сводится поэтому к действию радиоактивных ионизирующих излучений; химическими же действиями соответствующих элементов и соединений можно пренебречь. Облучение живых организмов ионизирующими излучениями, испускаемыми радиоизотопами, с одной стороны, происходит извне, в результате повышения «фона» гамма- и бета-излучений в воздухе, воде и почве; с другой стороны, источником облучения являются инкорпорированные организмами, т. е. сконцентрированные в их тканях и органах радиоизотопы, достигающие в некоторых случаях, благодаря ранее упоминавшимся высоким коэффициентам накопления, в некоторых тканях и органах весьма высоких концентраций, вызывающих соответственно большие дозы местного облучения. Действия ионизирующих излучений на живые организмы весьма сложны и многообразны; условно можно выделить общебиологические и специальные действия.

§ 13. Общебиологические эффекты ионизирующих излучений выражаются в их действии на рост, развитие, плодовитость и смертность организмов. Все эти эффекты в их количественном выражении зависят в первую очередь от дозы облучения, а кроме того, от типа излучений и срока экспозиции (длительности облучения). Обычно, при равных физических дозах, более сильными биологическими действиями обладают альфа-излучения, по сравнению с бета- и гамма-излучениями, а также концентрированное облучение, по сравнению с протрагированным (растянутым). Очень слабые дозы, особенно будучи применены на ранних стадиях развития (например, на семена растений), вызывают обычно небольшую стимуляцию роста и развития (так называемая радиостимуляция); при увеличении доз наблюдается прогрессирующее с дозой угнетение, сопровождающееся понижением плодовитости и увеличением смертности, а при достаточно высоких дозах действие завершается летальным эффектом. Общая радиочувствительность (количественное выражение действия при равных дозах)

может быть весьма различной у разных групп и видов живых организмов; в общем радиочувствительность повышается от низших форм к более высокоорганизованным.

§ 14. Лишь в очагах весьма концентрированных радиоактивных загрязнений сумма доз внешнего и внутреннего облучения достаточно высока для непосредственного уничтожения большинства видов, образующих природные сообщества живых организмов. Но даже более низкие дозы (в особенности постоянно действующее внутреннее облучение, исходящее от сконцентрированных в органах и тканях радиоизотопов), возникающие в результате меньших загрязнений, могут оказаться биологически весьма эффективными. С одной стороны, благодаря вышеупомянутой большой радиочувствительности высокоорганизованных форм живых организмов, они могут вызывать патологические изменения, повышение смертности и понижение плодовитости у высших животных и человека. С другой стороны, путем дифференцированного воздействия на сообщества живых организмов (стимулируя некоторые и, в разной степени, угнетая другие виды) облучение может производить пока еще трудно предусмотримые перестройки и обеднения биоценозов.

§ 15. Наряду с только что упоминающимся общебиологическим эффектом, необходимо принимать в соображение некоторые специальные действия ионизирующих излучений на живые организмы. Из таких специальных действий важнейшими являются: повышение процента тератологических изменений в онтогенезе организмов (уродств), увеличение числа (возрастающего более или менее пропорционально дозе) различных злокачественных опухолей у высших организмов и повышение в потомстве облученных организмов числа вновь возникающих мутаций (элементарных наследственных изменений), происходящее также примерно прямо пропорционально дозе облучения. Совершенно очевидно и не требует никаких пояснений то обстоятельство, что повышение процентов возникающих уродств и злокачественных опухолей чрезвычайно неблагоприятно влияет на индивиды и популяции в целом. Но и чрезмерное повышение процента мутаций в большинстве случаев также неблагоприятно отражается на природных популяциях (которые человек не подвергает искусственному отбору) ввиду относительно большой доли летальных и патологически действующих мутаций в общем спектре мутационного процесса; у всех видов живых организмов интенсивность мутационного процесса поддерживается извечно действующим естественным отбором на определенном оптимальном уровне, позволяющем поставлять достаточный элементарный эволюционный материал и в то же время не обременять популяции чрезмерным числом патологических мутаций. Следует подчеркнуть, что для вызывания злокачественных опухолей и мутаций, по-видимому, не существует низшей пороговой дозы: процент их возникновения примерно

прямо пропорционален дозе и, следовательно, даже очень малые дозы, хоть и в соответственно малой степени, повышают вероятность их возникновения.

IV. Борьба с радиоактивным загрязнением биосферы

§ 16. Все многообразные возможности радиоактивных загрязнений биосферы можно подразделить на две основные группы: а) местные загрязнения и б) широкие, в пределе общие, загрязнения биосферы. Первая группа включает в себя все те случаи, в которых в виде радиоактивных пылей и других аэрозолей или с радиоактивно загрязненными водами отходы вызывают местные загрязнения определенных территорий и водоемов; в этих случаях загрязненная территория относительно очень невелика и ограничена. Ко второй группе относятся в основном результаты испытаний атомного и термоядерного оружия. Образующиеся при этом различными путями радиоактивные изотопы большого числа химических элементов разносятся воздушными и океаническими течениями на огромные пространства; на этих пространствах каждый раз создаются лишь относительно ничтожные концентрации радиоактивных загрязнений.

§ 17. Борьба с общим постепенным радиоактивным загрязнением биосферы в результате злоупотребления в некоторых зарубежных странах испытаниями атомного и термоядерного оружия является международной, политической проблемой. Заметим лишь, что радиоизотопы и в этом случае, в согласии с общим путем их перераспределения в биосфере (см. § 11), наиболее высоких концентраций достигают в биомассе и поверхностном горизонте почв, тем самым создавая условия для повышения концентраций инкорпорированных излучателей и у человека.

§ 18. Борьба против местных радиоактивных загрязнений должна проводиться целым рядом способов, которые можно подразделить на две основные группы: а) предупредительные, или профилактические, мероприятия и б) меры, понижающие опасности от уже возникших центров загрязнения.

§ 19. Предупредительные (профилактические) мероприятия должны, исходя из печального опыта значительных загрязнений воздуха, природных вод и биогеоценозов обычными отраслями нашей промышленности (химической, металлургической, нефтяной, бумажно-целлюлозной, лесной и др.), приводящих к резкому обеднению биоценозов и отравлению среды обитания человека, сводиться в основном к строжайшему выполнению всех доступных мер (технически вполне возможных) по охране биогеоценозов и, в особенности, открытых водоемов от радиоактивных загрязнений. С этой целью теоретически вполне возможно (и практически уже проводится) применение целого ряда способов механической и биологической изоляции тех мест в производстве, которые могут являться источниками загрязнения, а также химических и термических методов концентрации отходов и

различных, в том числе и биологических, путей дезактивации и доочистки сточных вод перед сбросом их в открытые водоемы. Следует подчеркнуть, что, как и в большинстве случаев, наилучшие практические результаты дает тщательное предупреждение загрязнений, а не борьба с уже возникшими.

§ 20. Что касается возможных мер снижения опасностей по каким-либо причинам уже возникших центров загрязнения в биосфере, то здесь приходится исходить из создавшейся в каждом отдельном случае конкретной ситуации. В самой общей форме можно указать, что при относительно высоких концентрациях радиоактивного загрязнения в первую очередь необходимо: а) максимально сократить возможность образования радиоактивной пыли в центре загрязнения (например, путем глубокой вспашки с полным оборотом пласта пашен, паров и других незадернованных пылящих пространств); б) воспрепятствовать выносу радиоактивности из центров загрязнения текучими водами (например, путем устройства прудов-отстойников на вытекающих из места загрязнения или протекающих через него ручьях и речках); в) сократить до минимума пути биологической миграции радиоизотопов из места загрязнения (например, путем создания узких, в несколько метров шириной, «пустынных поясов» вокруг мест максимального загрязнения, борьбы с массовым развитием вредителей и широко мигрирующих местных животных и т. д. и, конечно, г) прекратить использование, в особенности пищевое и кормовое, всей биопродукции с загрязненной площади и водоемов. Дальнейшие мероприятия должны сводиться, в соответствии с конкретными условиями (степенью загрязнения и ландшафтно-географическим характером местности), к применению, по специально разработанному плану, ряда биологических способов наибольшей степени дезактивации верхнего слоя почвы и природных водоемов, а также наивыгоднейшего (с точки зрения безопасности) перераспределения радиоактивности между различными компонентами биогеоценозов. С этой целью можно использовать упоминавшуюся ранее (см. § 9) способность живых организмов концентрировать и накапливать радиоизотопы: для дезактивации почв можно засевать их в течение ряда лет специально подобранными травянистыми фитоценозами, ежегодно скашивая зеленую массу, осторожно сжигая и захоранивая в глубоких рвах, а для дезактивации водоемов можно проводить естественную биологическую очистку с последующим ускорением заиления.

§ 21. Экспериментально-биогеоценологические исследования с применением метода меченых атомов, являющиеся главной основой для разработки мероприятий по борьбе с радиоактивными загрязнениями, начаты, однако, лишь сравнительно недавно и проводятся только несколькими небольшими группами исследователей. Необходимо всячески расширять и углублять такого рода исследования, привлекая к ним специалистов зоологов, ботаников, микробиологов и почвоведов. Кроме того, необходимо создавать кадры гидротехников, агрономов и врачей гигиенистов, знакомых с общими основами

учения о биосфере, биогеохимии и биогеоценологии и способных на этой основе к разработке и проведению практических мероприятий по борьбе с радиоактивными загрязнениями. Наконец, для снижения опасностей от накопления радиоактивных изотопов в организме человека необходимо интенсивно развивать ведущиеся уже работы по нахождению и изучению способов ускорения обычно чрезвычайно медленных темпов выделения из организма человека инкорпорированных излучателей.

Заключение

§ 22. Проблема влияния радиоактивных загрязнений на биосферу и методов борьбы с этими загрязнениями не является чемто стоящим совершенно особняком; она тесно связана с общей проблемой защиты биосферы и охраны природы и здоровья людей от неразумных и вполне устранимых загрязнении, отравлений и разрушений, вызываемых все более интенсивно развивающейся промышленностью.

§ 23. Изучение судьбы и распределения радиоизотопов в почвах, водах и биоценозах (благодаря применению исключительно точного метода меченых атомов) уже сейчас ясно показывает, что вся проблема защиты биосферы нашей планеты от безответственного и легко устранимого разрушения, обеднения и отравления, причиняемого ей развивающейся промышленностью, в основе своей является проблемой биогеоценологической; таковыми же являются и все вопросы по разработке частных мероприятий для избежания отравлений среды обитания человека и по охране природы. В связи с этим совершенно необходимо широко внедрять, особенно в промышленно-технические круги, основы современных представлений о биосфере нашей планеты и о биогеохимических процессах; в научной же биологии необходимо всемерно развивать экспериментальные и теоретические исследования по общей биогеоценологии.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

О судьбе радиоизотопов в водоемах[1]

I. Введение

§ 1. Водоемы, наряду с почвами и населяющими их фитоценозами, представляют наибольший интерес в отношении судьбы из-

---

[1] Статья написана в соавторстве с Е. А. Тимофеевой-Ресовской и Б. М. Агафоновым.Печ. по: Труды Института биологии Уральск. филиала АН СССР. Вып.22, 1962. Здесь не приводится цифровой материал статьи, рисунки и ссылки на литературные источники.

лучателей, попадающих в природные биогеоценозы. Кроме того, изучение миграции, распределения и концентрации радиоактивных изотопов в основных живых и косных компонентах водоемов является особенно важным для понимания процессов естественной биологической очистки радиоактивно загрязненных промышленных и сточных вод. Наконец, с точки зрения охраны природы и разработки общих принципов развития разумных взаимоотношений между развивающейся промышленностью и естественными (в особенности биологическими) производительными силами Земли, природные воды, в частности пресноводные водоемы, являются, с одной стороны, наиболее угрожаемыми и быстрее всего подвергающимися загрязнениям и интоксикациям, а с другой стороны, одними из наиболее ценных и в первую очередь подлежащих охране природных объектов.

§ 2. В настоящей статье будут, на основании проведенных до сих пор в нашей лаборатории опытов, кратко описаны: а) основные черты распределения важнейших радиоактивных изотопов по главным компонентам пресноводных водоемов (вода, грунт и биомасса); б) концентрация и накопление их различными представителями пресноводной флоры и фауны и в) экспериментальные основы биологического метода дезактивации радиоактивно загрязненных вод в слабо проточных водоемах.

II. Распределение излучателей по основным компонентам водоема

§ 3. Изучение распределения различных радиоактивных изотопов между водой, грунтом и биомассой водоема производится следующим образом. В водоем того или иного размера (аквариум с грунтом, растениями и планктоном, слабопроточные или непроточные более крупные баки, небольшие экспериментальные пруды) однократно или повторно вносится в воду тот или иной радиоактивный изотоп в слабой концентрации (0,1 – 25 *мккюри/л* воды). Как при однократном, так и при повторном внесении или пропускании радиоактивного раствора через слабопроточные водоемы, через определенное время устанавливается некоторое статическое равновесие между концентрациями радиоактивного изотопа в воде, грунте и биомассе, типичное для каждого данного химического элемента или группы элементов. В лабораторных и полулабораторных опытах с аквариумами и небольшими водоемами в конце опыта может быть произведен полный баланс радиоактивности: взвешивается общее количество воды, грунта и биомассы водоема, на ряде аликвотных проб измеряется концентрация радиоизотопа в этих компонентах и путем простого расчета

(зная общий вес компонента и концентрацию в нем радиоизотопа) определяется общее содержание радиоизотопа в воде, грунте и биомассе водоема. Вес каждого компонента водоема и содержание радиоизотопа в воде, грунте и биомассе выражается в процентах, соответственно, от общего веса и общего содержания радиоизотопа суммы всех компонентов. Такая обработка результатов этих опытов дает ясное представление об общем характере распределения изучаемых радиоактивных изотопов между водой, грунтом и биомассой пресноводного водоема.

§ 4. В отношении распределения между водой, грунтом и биомассой водоемов до сих пор нами изучены радиоактивные изотопы фосфора, серы, железа, кобальта, цинка, германия, стронция, иттрия, циркония, ниобия, рутения, йода, цезия и церия. Каждый из этих элементов имеет свои характерные особенности поведения в водоеме. Однако по общему характеру распределения по компонентам водоемов они могут быть разбиты на 4 основные группы: а) гидротропные (остающиеся в относительно высоких концентрациях в воде); б) равномерно распределяющиеся (к концу опыта содержащиеся в заметных концентрациях как в воде, так и в грунте и биомассе); в) педотропные (т. е. содержащиеся к концу опыта в наибольшем количестве в грунте) и г) биотропные (т. е. в большем количестве поступающие в биомассу). Типичным представителем первой (гидротропной) группы является сера; к ней же относится, в до сих пор изученных химических формах, германий. Вторая группа (равномерная) представлена стронцием и рутением, которые, хотя и накапливаются в заметных количествах в биомассе, но благодаря меньшему, по сравнению с большинством других элементов, накоплению в грунте, остаются в заметных количествах в воде. Третья группа (педотропная) представлена цезием и к ней же относится цинк и отчасти железо и кобальт; в воде их остается очень мало, основная же масса этих элементов концентрируется в грунте. Наконец, типичными представителями четвертой (биотропной) группы являются церий, а также фосфор, иттрий, цирконий и ниобий; эти элементы в особенно большом количестве концентрируются в биомассе. В табл.1 приведено процентное распределение 14 различных радиоизотопов между водой, грунтом и биомассой водоемов. По весу на первом месте стоит вода, а биомасса составляет лишь долю процента от общего веса всей системы; по радиоактивности же во всех случаях процентное участие биомассы значительно, а иногда неизмеримо выше, чем по весу. Из этого следует, что живые организмы обладают большой способностью концентрировать и накапливать микроэлементы из водного раствора; это составляет предмет описываемых ниже специальных опытов по определению коэффициентов накопления

различных радиоактивных изотопов разными группами и видами пресноводных организмов.

Таблица 1

Распределение радиоизотопов по основным компонентам водоемов

Радиоизотопы	Компоненты водоема		
	вода	грунт	биомасса
Фосфор-32	6,0	33,4	60,6
Сера-35	92,0	2,2	5,8
Железо-59	2,8	79,6	17,6
Кобальт-60	22,0	58,0	20,0
Цинк-65	4,4	76,7	18,9
Германий-71	69,8	27,6	2,6
Стронций-90	47,9	26,3	25,8
Иттрий-91	12,0	49,0	39,0
Цирконий-95	13,0	43,0	44,0
Ниобий-95	20,1	44,3	35,6
Рутений-106	26,3	44,3	29,4
Йод-131	12,4	29,0	58,6
Цезий-137	5,8	91,7	2,5
Церий-144	8,0	37,0	55,0
Распределение масс компонентов	84,05	15,90	0,05

§ 5. Мы еще относительно мало знаем о различных механизмах, определяющих тот или иной тип распределения элементов по компонентам водоемов. Совершенно ясно, что тип распределения в первую очередь определяется: а) физико-химической формой, в которой данный радиоизотоп попадает в природную воду; б) химическим составом и активной реакцией природных вод и в) характером связи (поверхностно-адсорбционные, ионные, химические, комплексные и т. д.), в которые радиоизотоп вступает с твердыми фазами грунтов и живых организмов, а также динамикой этих процессов. По отношению к стронцию ясна роль кальция, содержащегося в воде, грунтах и биомассе, с которым стронций легко вступает в ионный обмен; педотропность цезия, кобальта, железа и цинка, возможно, объясняется крепостью и необратимостью соединений этих элементов с твердыми минеральными и органическими фазами грунтов при микроконцентрациях. Высокие коэффициенты накопления в биомассе объясняются «асимметричным обменом», т. е. относительной легкостью поступления микроколичеств химических элементов в организм и весьма медленным их выделением; возможно, что частично это объясняется прочным связыванием их присутствующими в организмах биокомплексонами. Дальнейшее точное изучение сорбции и де-

сорбции различных радиоизотопов в грунтах и почвах, а также коэффициентов накопления различными организмами при разных условиях поможет в будущем выявить основные механизмы и закономерности, управляющие судьбой и распределением различных излучателей, попадающих в водоемы. Например, в опытах с изменениями pH воды оказалось, что на распределение стронция и церия отклонение pH от нормы как в кислую сторону (особенно по отношению к стронцию), так и в щелочную (особенно по отношению к церию) довольно резко влияет на распределение, оставляя больший процент радиоактивности в воде. На распределение цезия, однако, вариация pH в тех же пределах не оказывают существенного влияния. Установление таких чисто эмпирических обобщений, как приведенные выше типы распределения, для достаточного числа практически наиболее важных радиоизотопов уже позволяет, до известной степени, делать приближенные прогнозы их судьбы при попадании в водоем.

§ 6. Следует, наконец, подчеркнуть, что через относительно большие отрезки времени после прекращения поступления радиоизотопов в водоем постепенно возрастает их количество в поверхностных слоях донных отложений; они все время поступают туда с детритом, осаждающимися неорганическими частицами и более крупными остатками отмирающей биомассы. Параллельно, конечно, происходит постоянное частичное перераспределение: в незначительном количестве обратное поступление в водный раствор (весьма различное для разных элементов), а также новое накопление из донных отложений укореняющимися растениями и организмами бентоса. Новые поступления в биомассу, по мере ее отмирания, опять возвращаются в донные отложения, и лишь ничтожная часть выносится из водоема имагинальными стадиями водных насекомых и различными животными (преимущественно птицами), питающимися живыми организмами, населяющими водоем, и их органическими остатками. В результате постоянного протекания такого неполного круговорота происходит постепенное захоронение практически почти всей радиоактивности в донных отложениях. Само собой разумеется, что этот процесс захоронения протекает сравнительно быстро для радиоизотопов, принадлежащих к третьей и четвертой из упомянутых выше групп (§ 4), медленнее для второй и еще медленнее для элементов первой группы.

III. Коэффициенты накопления радиоизотопов пресноводными организмами

§ 7. Выше уже упоминалось, что концентрация всех изученных радиоизотопов оказывается в биомассе выше, а для большинства много выше, чем в грунте и в воде (§ 4). Из этого следует, что живые организмы обладают в высокой степени способностью кон-

центрировать и накапливать все, или почти все химические элементы, находящиеся в воде в ничтожных концентрациях; по отношению к естественным радиоактивным изотопам это уже 30 лет назад было показано В. И. Вернадским. То же самое следует из проводившихся в разное время и разными исследователями определений концентраций различных химических элементов в воде и в разных водных организмах; концентрации всех редких и рассеянных элементов природных вод оказываются в организмах во много раз выше, чем в воде. По отношению к радиоактивным изотопам, применяя метод меченых атомов, можно легко и точно устанавливать степень и темпы их накопления различными живыми организмами. Степень накопления определенного радиоизотопа данным видом пресноводных организмов можно количественно выражать в виде коэффициента накопления, являющегося отношением концентраций данного радиоизотопа в организме и в воде (т. е. показывающего, во сколько раз концентрация в организме выше, чем в воде). Коэффициенты накопления, таким образом, показывают, на каком уровне (благодаря упоминавшемуся в § 5 «асимметричному обмену») может поддерживаться разница в концентрациях данных микроэлементов в организме и окружающей воде. Определяются коэффициенты накопления весьма просто: либо однократным внесением в воду аквариума данного радиоизотопа, либо поддержанием в воде определенной низкой концентрации радиоизотопа, с последующими измерениями его концентрации в воде и в живых организмах до установления некоторого динамического равновесия между этими концентрациями.

§ 8. Вышеописанным методом в нашей лаборатории определялись коэффициенты накопления 14 различных радиоизотопов в целом ряде опытов на водных бактериях, водорослях, сообществах перифитона, высших водных растениях и некоторых пресноводных беспозвоночных. Для некоторых видов определены коэффициенты накопления лишь немногих отдельных радиоизотопов, а для германия и йода определены коэффициенты накопления лишь несколькими отдельными видами пресноводных организмов...

§ 9. Мы еще далеки от ясного представления о тех конкретных механизмах, которые определяют коэффициенты накопления разных элементов различными видами живых организмов. Следует, однако, отметить известный параллелизм между упоминавшимися выше (§ 4) типами распределения и средними коэффициентами накопления различных элементов; первая, гидротропная группа элементов (сера) дает весьма низкие коэффициенты накопления; биотропные и часть педотропных металлов дают весьма высокие, а остальные средние коэффициенты накопления. Естественно, что такие сложные и комплексные системы, какими являются системы минерального обмена живых организмов, дают целый ряд

«исключений» из общей феноменологической закономерности; эти исключения выражаются в наличии среди живых организмов «специфических накопителей» почти отдельных элементов (§ 8). Нахождение таких «специфических накопителей» среди различных видов живых организмов представляет большой интерес с точки зрения использования их в качестве биоиндикаторов наличия в окружающей среде ничтожных концентраций определенных элементов, а, может быть, в будущем и для своего рода промышленно-биологического добывания некоторых рассеянных и редких элементов.

§ 10. Изучение влияния ряда сопутствующих факторов (таких, как физико-химическая форма попадающих в воду радиоизотопов, химический состав pH воды, присутствие комплексонов и т. д.) на коэффициенты накопления, которое позволит в будущем детально разобраться в определяющих последние механизмах, лишь начинается. Однако опыты по влиянию прибавленного в воду комплексона трилона-Б (этилендиаминтетраацетата или ЭДТА) на коэффициенты накопления различных элементов пресноводными организмами дали уже теоретически, а может быть и практически, небезынтересные результаты. Эти опыты проводились с 10 радиоизотопами (серы, железа, кобальта, цинка, стронция, иттрия, ниобия, рутения, цезия и церия) на 4 видах различных водных растений (хара, ряска, роголистник и элодея) и малых ложноконских пиявках. Все эти опыты дали совершенно сходные, отличающиеся лишь по абсолютным значениям, результаты. <...> Все изученные элементы разбиваются на 4 группы: а) стронций и цезий, коэффициенты накопления которых в присутствии ЭДТА повышаются в 2–3 раза; б) сера, не реагирующая на ЭДТА; в) цирконий, ниобий и рутений, коэффициенты накопления которых в присутствии ЭДТА снижаются в 1,5–2 раза, и г) железо, кобальт, цинк, иттрий и церий, коэффициенты накопления которых в присутствии ЭДТА снижаются в десятки и даже сотни раз. Теоретически эти результаты нетрудно интерпретировать. С элементами последней группы ЭДТА образует весьма устойчивые и легко воднорастворимые комплексные соединения; они в этой форме делаются весьма мобильными и не задерживаются, т. е. не накапливаются в организме, благодаря чему их коэффициент накопления в присутствии ЭДТА резко снижается. Сера, будучи и без того гидротропным элементом и не образуя устойчивых соединений с ЭДТА, никак не реагирует на присутствие последнего в воде. Остальные элементы образуют с ЭДТА соединения, значительно менее устойчивые, чем комплекс кальций – ЭДТА; поэтому ЭДТА переводит присутствующий в воде и живых организмах кальций в легко воднорастворимое мобильное комплексное соединение, а в результате вызванного этим нарушения нормального кальциевого обмена стронций и цезий накапливаются более, а цирконий, ниобий и рутений несколько менее энергично. Практически это может

иметь значение для ускорения дезактивации воды от радиоизотопов стронция и цезия путем прибавления в водоем трилона-Б (технический препарат ЭДТА, применяемый в водопроводном деле для «смягчения» воды).

§ 11. Таким образом, как распределительные опыты (§ 4, 5), так и опыты по изучению коэффициентов накопления различных радиоизотопов пресноводными организмами (§ 8, 9) приводят к заключению, что (как уже указывалось выше, в § 6) вода должна постепенно, в результате постоянно протекающих процессов накопления биомассой и грунтами, очищаться от попадающих в водоем радиоизотопов. Последние с течением времени захораниваются в образующихся донных отложениях.

IV. Дезактивация воды в слабопроточных водоемах

§ 12. На основании результатов изучения сорбции радиоизотопов грунтами и почвами, а также вышеприведенных опытов по распределению радиоизотопов по компонентам водоемов (§ 3, 6) и по их накоплению пресноводными организмами (§ 7–11), естественно возникает мысль о возможности биологической дезактивации радиоактивно загрязненных вод. Для проверки этого предположения нами проводился целый ряд опытов в полулабораторных сериях слабопроточных бачков и в слабопроточных небольших прудах.

§ 13. Опыты в сериях бачков проводились с радиоактивными изотопами серы, железа, кобальта, цинка, стронция, иттрия, циркония, ниобия, рутения, цезия и церия, а также с выдержанным неразделенным раствором осколков урана. Методика этих опытов очень проста. Серии из 5–10 бачков (емкостью в 45 или 90 литров) соединяются верхним стоком. Во все бачки помещается определенное количество грунта (озерный песок с прослойкой плодородной почвы), они засаживаются водными растениями (элодея, роголистник, уруть и т. д.), наливаются водой, в которую прибавляется некоторое количество озерного или прудового планктона, и пускаются различные водные беспозвоночные. «Заряженные» таким образом бачки оставляются в течение некоторого времени (пара недель) стоять для сформирования в них более или менее устойчивых биоценозов. Затем, в течение 1–6 месяцев через соответствующую серию ежедневно пропускается определенное количество (от $^1/_{30}$ до $^1/_{60}$ от общего количества воды в серии) слабой концентрации (от 1 до 25 *мккюри/л*) раствора того или иного радиоизотопа. Ежедневно (а к концу долгосрочных опытов реже) из всех бачков серии берутся пробы воды для измерения радиоактивности. После окончания опыта производится полный баланс радиоактивности во всех бачках серии: определяется количество воды, вес грунта, вес водных растений, вес перифитона, планктона и детрита, вес животных; и во всех этих компонентах определя-

ется концентрация радиоактивности и вычисляется ее общее количество. Конечно, в течение всего опыта измеряется и количество вытекающей из последнего бачка воды и определяется концентрация в ней радиоактивности, если таковая обнаруживается.

§ 14. Результаты всех проведенных до сих пор опытов в слабопроточных сериях бачков сводятся к следующему. Большинство радиоизотопов, если скорость протока не превышает 1/30 общего объема воды в серии бачков в сутки, в течение всего опыта (за время которого сменяется весь объем воды в серии, а иногда и несколько раз) не проходит через серию, так что вытекающая из последнего бачка вода оказывается чистой. Это относится к железу, кобальту, цинку, иттрию, цирконию, ниобию, цезию и церию. При тех же условиях стронций и рутений проходят через серию в количестве нескольких процентов, а сера в еще большем количестве (11%). При изменении режима, сводящегося к еще большему замедлению протока (если суточный сброс не превышает $^1/_{60}$ общего объема воды в серии) стронций и рутений также практически целиком задерживаются в серии бачков, не обнаруживаясь в вытекающей из последнего бачка воде. Естественно, что концентрация радиоактивности в воде, а также в грунте и биомассе резко падает от первого к последующим бачкам серии. По типу распределения между компонентами последовательные бачки в опытах с растворами отдельных радиоизотопов (несмотря на резкую разницу в концентрациях между первым, средним и последним бачками серии) существенно не отличаются друг от друга и соответствуют тем типам распределения, которые для разных радиоизотопов были ранее уже описаны (§ 4). Соответственно все бачки серии в этих опытах принимают примерно одинаковое участие в очистке воды, выражающееся в том, что все задерживают приблизительно одинаковый процент от поступающей в каждый бачок радиоактивности. Несколько иначе обстоит дело со смесью осколков урана: здесь первый и отчасти второй бачок задерживают больший процент от поступающей в них активности, чем последующие. Это просто объясняется различной био- и педотропностью разных элементов, входящих в смесь, благодаря чему в первых бачках преимущественно задерживаются хорошо концентрируемые грунтом и биомассой элементы, а в последующие бачки поступает менее «благоприятная», с точки зрения очистки воды, смесь. Нечто сходное (несколько лучшая «работа» первых бачков) наблюдается и в опытах с рутением и церием – элементами, всегда присутствующими в растворе в разных количествах и в разной степени сорбируемых твердыми фазами формах. Опыты с неразделенным раствором осколков урана, несмотря на присутствие в них в известном проценте стронция и рутения, также дают, даже в долгосрочных опытах, практически полную дезактивацию воды, проходящей через серию бачков. Несколько лучшие результаты получаются, если первый бачок серии (в который поступает

наиболее высокая концентрация излучателей) вдвое больше остальных. Очистка воды много лучше в сериях из ряда отдельных, связанных друг с другом верхним стоком бачков, чем в одном водоеме, по общему объему равном всей серии; это объясняется наличием в серии отдельных водоемов чисто механических преград для быстрой диффузии и механического перемешивания взвесей между высоко активным местом втока и слабо активным местом стока.

§ 15. Так же, как и в отношении изучения коэффициентов накопления (§ 10), анализ влияния различных сопутствующих факторов на степень дезактивации воды в слабопроточных сериях водоемов только еще начинается. Известно, однако, уже, что наилучший эффект дезактивации достигается при pH воды (в пределах, наблюдаемых в природных условиях), оптимальном для населяющего водоем биоценоза; резкие отклонения в обе стороны несколько снижают эффект, в результате угнетения ведущих форм биоценоза. Прибавление во вток некоторых мутей (особенно прудового ила), или взмучивание их в первом водоеме, несколько повышает эффект дезактивации, благодаря сорбции части радиоактивности оседающей мелкодисперсной фазой (мутью). Из результатов изучения коэффициентов накопления разных радиоизотопов различными группами и видами пресноводных организмов с несомненностью следует, что в будущем представляется вполне возможным для каждой комбинации излучателей, попадающих в водоем, подбирать оптимальные водные биоценозы из видов, обладающих наиболее высокими коэффициентами накопления данных радиоизотопов.

§ 16. Результаты опытов по распределению различных радиоизотопов по основным компонентам водоема (§ 4), весьма высокие коэффициенты накопления большинства микроэлементов из водного раствора пресноводными организмами (§ 8) и, наконец, удовлетворительные результаты опытов с сериями слабопроточных бачков (§ 14) побудили поставить опыты в наружных установках, состоявших из небольших прудов-отстойников и почвенных фильтров. Первые опыты этого рода проводились в течение трех лет на двух установках. Первая состояла из почвенного фильтра (на который ежесуточно поступало определенное количество неразделенного раствора осколков урана концентрацией 25 *мккюри/л* по бета-излучению) и пруда (в который поступал раствор, прошедший через почвенный фильтр), из которого вода стекала в особый приямок; вторая установка отличалась тем, что на первом месте стоял пруд, в который поступал раствор, стекавший из него на почвенный фильтр, а из последнего в приямок. Три года работы на этих установках показали, что обе работают вполне удовлетворительно, пропуская лишь около полупроцента поступающей в них радиоактивности. Выяснилось, что почвенные фильтры и пруды очищают воду примерно одинаково, причем не-

сколько лучше (в смысле процента дезактивации) работает первый компонент (фильтр в первой и пруд во второй установке). Последнее обстоятельство объясняется так же, как и лучшая работа первого бачка в сериях, через которые пропускался неразделенный раствор осколков урана (§ 14). Исходя из полученных на этих установках результатов, дальнейшие опыты проводились в установке, представлявшей собой серию связанных верхним стоком трех небольших прудов; фильтры, чрезвычайно неудобные в обращении (требующие периодической смены и захоронения высокоактивной отработавшей почвы), были исключены и заменены дополнительными прудиками. Эта третья установка работала совершенно безотказно и еще лучше первых, давая столь же высокую и весьма равномерную дезактивацию воды. Получены следующие усредненные результаты дезактивации воды в серии из трех прудов: из первого пруда вытекает 2,8% исходной активности, из второго 1,2%, а из третьего 0,7%. Так же, как и в сериях бачков, первый пруд работает лучше второго и третьего, забирая из смеси излучателей наиболее легко сорбирующиеся.

§ 17. Таким образом, опыты в сериях бачков и наружные опыты в небольших прудах показали, что радиоактивно загрязненная вода, при благоприятном режиме достаточно медленного протока, хорошо очищается почти от всех отдельных радиоизотопов и от неразделенной смеси осколков урана. Этим создаются основы весьма простой, дешевой и удобной биологической дезактивации сточных и промышленных вод, загрязненных радиоактивными изотопами или микроколичествами других токсичных химических элементов и веществ. Биологический метод пригоден, конечно, лишь для очистки вод, содержащих относительно слабые концентрации излучателей; но его простота и относительная дешевизна в особенности резко возрастают с увеличением количества ежесуточного сброса. Особенное удобство этого метода заключается в одновременном захоронении излучателей или токсичных металлов в донных отложениях, делающем ненужной заботу об устранении высоко радиоактивных концентратов. Само собой разумеется, что наибольшей концентрации достигают при этом излучатели в донных отложениях первого водоема серии; но это не должно беспокоить, т. к. специальные расчеты показывают, что толща воды примерно в один метр отширмовывает практически все излучения донных отложений, а увеличение размеров водоема сверх диаметра примерно в три метра не увеличивает (благодаря самопоглощению) наружную дозу излучений (над водой и по берегам), испускаемую водоемом-отстойником.

V. Заключение

§ 18. Из всех проведенных до сих пор разнообразных опытов, несмотря на то что работа с применением метода меченых атомов

в гидробиологии начата 10 лет назад, намечаются уже определенные закономерности, характеризующие судьбу излучателей в водоемах. В различных опытах изучались радиоактивные изотопы 14 химических элементов; в их число входят практически наиболее важные, с точки зрения возможности загрязнения водоемов, излучатели, такие как стронций, иттрий, цирконий, ниобий, рутений, цезий и церий. На основании проведенных опытов все изученные радиоизотопы (пока в основном эмпирически) разбиваются на 4 группы по типу распределения их между основными компонентами водоемов (вода, грунт и биомасса): гидротропные, равномерно распределяющиеся, педотропные и биотропные (§ 4). Эта же закономерность типов распределения в известной мере сказывается и на средних коэффициентах накопления радиоизотопов пресноводными организмами: гидротропные дают очень низкие, биотропные и большинство педотропных очень высокие, а остальные средние коэффициенты накопления (§ 8). Намечается и практическая возможность защиты открытых водоемов от радиоактивных загрязнений промышленными и сточными водами путем их биологической дезактивации в сериях водоемов-отстойников (§ 16, 17).

§ 19. Помимо всего вышеупомянутого необходимо рассмотреть еще один важный, особенно с точки зрения охраны природы, вопрос: о возможности угнетающих влияний ионизирующих излучений в загрязненных радиоизотопами водоемах на населяющие их живые организмы и на состав и динамику водных биоценозов. Из обширного опыта радиобиологии хорошо известно, что ионизирующие излучения при достаточно высоких дозах действуют угнетающе, а с дальнейшим повышением доз – летально на все живые организмы. При этом радиочувствительность различных групп и видов живых организмов может быть весьма различной, в общем повышаясь от низших к более высоко организованным формам. Кроме того, в целом ряде специальных опытов показано, что слабые дозы могут часто оказывать стимулирующее действие, повышая темпы прироста биомассы живых организмов. В отношении радиочувствительности большинство пресноводных микроорганизмов, растений и беспозвоночных является весьма малочувствительными, вынося без заметного угнетения относительно высокие дозы ионизирующих излучений. Но, даже если практически возможная степень загрязнения природных вод радиоактивными изотопами (принимая во внимание и высокие коэффициенты накопления излучателей живыми организмами) и не вызывает резко угнетающего и летального эффекта у большинства пресноводных организмов, необходимо считаться с возможностью существенных перестроек биоценозов в радиоактивно загрязненных водоемах благодаря наличию больших разниц в степени радиоугнетения и радиостимуляции разных видов. С целью проверки этой возможности были проведены специальные опыты по качествен-

ному и количественному анализу очень удобного для этих целей сообщества пресноводного перифитона (обрастания бактериями, водорослями и инфузориями подводных поверхностей). Прирост общей биомассы перифитона и изменения видового состава количественно ведущих форм сообщества изучались в контрольных сосудах и в присутствии в воде излучателей в разных концентрациях. Результаты этих опытов показали, что присутствие излучателей в широких пределах относительно слабых концентраций (от нескольких единиц до нескольких сот *мккюри/л*) вызывает весьма заметную стимуляцию прироста общей биомассы перифитона; угнетение прироста биомассы не было обнаружено даже при концентрации 600 *мккюри/л* (при этом все еще наблюдалась стимуляция), которая далеко превышает возможные концентрации в загрязненных водоемах. Но в присутствии излучателей происходило возрастающее с концентрацией радиоизотопов изменение в составе количественно ведущих форм в сообществе, по сравнению с контролем. Из этого следует, что даже такие концентрации излучателей в воде (а следовательно и дозы облучения), которые не только не угнетают, а даже еще стимулируют общий прирост биомассы, могут существенно влиять на качественный, видовой состав водных биоценозов. При общей тенденции повышения радиочувствительности от низших к высшим формам, можно при таких перестройках биоценозов ожидать понижения их качественного состава и обеднения высшими формами.

§ 20. Водоемы являются во многих отношениях весьма удобными для точных исследований биогеоценозами. Особенно легко и просто при их изучении применять метод меченых атомов. Это позволяет надеяться на то, что уже в ближайшее время работы в области радиационной гидрологии и гидробиологии дадут интересный и важный материал для понимания конкретных механизмов целого ряда протекающих в ограниченных участках биосферы биогеохимических и биогеоценологических процессов. Прежде всего при этом подлежит точному изучению протекание неполных круговоротов в отношении распределения в водоеме различных групп радиоактивных изотопов (§ 6), ведущее к обогащению рассеянными элементами донных отложений и формирующихся из них терригенных осадочных пород. Но уже сейчас на основании результатов всех проведенных опытов можно делать, с достаточным приближением, практические прогнозы о характере возможных загрязнений водоемов различными излучателями и их последствиях; и, что особенно важно, можно наметить пути защиты открытых водоемов от интоксикации излучателями и повышенными концентрациями ядовитых микроэлементов с помощью биологической очистки загрязненных излучателями и металлами промышленных и сточных вод. В заключение необходимо, однако, подчеркнуть весьма еще слабое развитие и распространение работ по радиационной гидробиологии и применению метода меченых атомов в разнообразных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследованиях.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека[1]

I. Введение

§ 1. В общий комплекс вопросов по охране природы и проблеме взаимоотношений между развивающейся промышленностью и биосферой входит, само собой разумеется, и человек, как компонент биосферы. В отношении многих факторов, особенно же радиоактивных излучений, вопрос должен ставиться не только в смысле физиологических и патологических воздействий загрязнений природы отходами промышленности на индивиды разных видов (в том числе и человека), но и о возможности влияния этих отходов на наследственную изменчивость, а тем самым и на генетический состав соответствующих популяций.

§ 2. В связи с развитием атомной промышленности все большее значение приобретают вопросы защиты людей от вредоносных действий ионизирующих излучений. Начатые еще давно, в рамках общей рентгенологии и радиологии, работы по изучению биологических и патологических действий ионизирующих излучений и излучателей на живые организмы особенно бурно развивались в течение последних десяти лет. В результате огромной работы, проделанной радиобиологами разных стран, в настоящее время, в первом приближении, разработаны основы радиотоксикологии; исходя из них разрабатываются мероприятия по защите людей от токсических доз и концентраций излучений и излучателей и устанавливаются нормы так называемых толерантных доз ионизирующих излучений и допустимых концентраций радиоактивных изотопов в окружающей человека среде.

§ 3. Все эти мероприятия сводятся, однако, лишь к защите человека от вредных воздействий излучений непосредственно на индивидуум. Но уже более 30 лет назад было доказано чрезвычайно сильное действие ионизирующих излучений на мутационный процесс и за протекшие с тех пор три десятилетия была разработана обширная и точная область радиационной генетики. При этом были с достаточной полнотой выяснены основные черты как спонтанного, так и вызываемого излучениями мутационного процесса у целого ряда хорошо изученных в этом отношении видов микроорганизмов, растений и животных; разнообразие объектов исследования позволило выявить общие свойства мутационного

---

[1] Печ. по: Труды Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. 1962.

процесса, характерные для всех живых организмов, включая и человека. Исходя из данных радиационной генетики и ряда соображений о популяционной динамике человека, некоторые исследователи еще до начала «атомной эры» указывали на возможные генетические опасности, связанные с облучением людей.

§ 4. Как будет видно из дальнейшего изложения, при обсуждении вопроса о вредных генетических воздействиях ионизирующих излучений на человека надо различать две несколько различные стороны вопроса. По самому характеру мутационного процесса, явлений наследственности и смене поколений «свободноживущей популяции», вопрос может ставиться двояко: с точки зрения отрицательного прогноза в отношении потомства отдельных переоблученных индивидуумов и с точки зрения общего изменения генетического состава целой популяции, т. е. в «индивидуальном» и в «популяционном» планах. В первом случае физиологически толерантные слабые дозы, конечно, не представляют интереса; во втором же случае даже весьма малые дозы, получаемые всеми или высоким процентом индивидуумов популяции, могут иметь большое значение. В прежнее время, когда лишь небольшие группы людей, связанных в работе с медицинской и технической радиологией, и пациенты, подвергавшиеся радиотерапевтическим методам лечения, сталкивались с возможностью переоблучения, вопрос, конечно, мог ставиться лишь в первой из вышеупомянутых двух форм. В настоящее время быстро растет число людей, так или иначе связанных в работе с радиоактивными излучениями и излучателями; поэтому возрастает и практическое значение вопроса об «индивидуальном прогнозе» возможности проявления нежелательных наследственных изменений в потомстве переоблученных индивидуумов. Но, кроме того, сейчас возникает возможность, в связи с локальным или даже общим повышением «фона» ионизирующих радиаций, слабого облучения целых популяций человека; в связи с этим практическое значение приобретает и вторая из вышеупомянутых форм постановки вопроса о возможности и характере изменения генетического состава популяции.

§ 5. В дальнейшем изложении будут кратко перечислены наиболее важные данные экспериментальной радиационной и популяционной генетики, кратко описаны принципиальные основы приближенного расчета возможных генетических вредностей, возникающих для человека в связи с развитием атомной промышленности, и в заключение будут подвергнуты краткому обсуждению вопросы, возникающие в связи с этой проблемой.

II. Некоторые экспериментально-генетические и популяционно-генетические предпосылки

§ 6. Для того чтобы реально и с практической пользой обсуждать проблему о возможных генетических действиях ионизирующих излучений на популяции человека, а не только высказывать

те или иные необоснованные суждения, необходимо исходить из ряда с достаточной точностью установленных к настоящему времени положений экспериментальной генетики. Наиболее существенными в этой связи являются основные данные по общему характеру мутационного процесса у всех живых организмов и по генетической структуре свободно живущих популяций, а также ряд результатов радиационно-генетических опытов.

§ 7. За истекшую половину нашего столетия в точных генетических опытах изучалась наследственность и изменчивость сотен различных видов простейших, растений и животных. Особенно подробно были изучены такие виды, как, например: нейроспора из одноклеточных; горох, львиный зев, ячмень, рис и кукуруза из растений; мучная моль, тутовый шелкопряд и непарный шелкопряд из насекомых; гуппия, канарейка, попугай-неразлучка, домашняя курица, мышь, крыса, морская свинка, кролик, домашняя свинья и домашняя овца из позвоночных. Наконец, на огромном материале и с большой точностью сотнями исследователей была изучена генетика и цитогенетика ряда видов дрозофилы. Это позволило выяснить основные, общие для всех живых организмов, включая человека, черты строения генотипа, наследственной изменчивости и механизмов наследования различных признаков и свойств. При этом, как и следовало ожидать, с абсолютной достоверностью выяснилось первенствующее значение в наследственности генотипа, т. е. суммы наследственных факторов или генов, локализованных в наборе хромосом клеточных ядер. Выяснился и примат ядра в определении и формировании признаков и свойств цитоплазмы и других клеточных структур. Поэтому, в дальнейшем мы будем говорить лишь о достаточно полно и точно изученных свойствах генотипа и его изменениях – мутациях.

а. Общие черты строения генотипа

§ 8. Генотип или, выражаясь языком математики, основной код наследственной информации, передаваемый из поколения в поколение, материально представлен во всех клетках набором хромосом клеточного ядра.

Для каждого вида живых организмов число, размеры и форма хромосом специфичны. У всех организмов, размножающихся половым путем, каждая форма хромосом представлена парой, из которой одна хромосома происходит из яйцеклетки, а другая из спермия или пыльцевой клетки. При обычных клеточных делениях каждая хромосома точнейшим образом продольно расщепляется и продукты расщепления хромосом расходятся к двум полюсам делящегося ядра. При созревании половых клеток в последних двух делениях хромосомы расщепляются лишь один раз, после того как гомологичные хромосомы, т. е. члены одной пары конъюгировали; в результате в каждую зрелую половую клетку попадает лишь

по одной хромосоме из каждой пары (гаплоидное число), а после оплодотворения восстанавливаются пары хромосом (диплоидное число). Митозом (клеточное деление) и мейозом (редукционное деление) при созревании половых клеток (гамет) и оплодотворением определяется механизм менделевского расщепления признаков при скрещиваниях. В мейозе же, в стадии конъюгации, происходит обмен участками между двумя гомологичными хромосомами одной и той же пары, способствующей более полной перекомбинации наследственных свойств, содержащихся в материнском и отцовском наборах хромосом. При этом обмене участков гомологичных хромосом перекомбинация двух генов, расположенных по длине хромосом дальше друг от друга, вероятнее, чем перекомбинация более близко расположенных друг к другу; на этом основано построение, с помощью анализа результатов скрещиваний так называемых генетических карт хромосом, в которых, в первом приближении, расстояние между генами выражается процентом соответствующих перекомбинаций.

§ 9. В покоящихся ядрах хромосомы представлены тонкими фибриллами нуклеопротеида, по длине которых наблюдаются места большого скопления дезоксирибонуклеиновых кислот (так называемые хромомеры). Перед клеточным делением эти фибриллы (хромонемы), обладающие, по-видимому, субмикроскопической тонкоспиральной структурой, спирализируются, покрываются дополнительными количествами абсорбированной ими нуклеиновой кислоты (хроматин) и в таком виде расходятся к полюсам делящегося ядра; в дочерних ядрах они деспирализируются и опять превращаются в тонкие фибриллы-хромонемы. В слюнных железах личинок двукрылых (мух и комаров) гомологичные хромосомы конъюгируют, несколько раз продольно расщепляются, но не расходятся и не спирализируются; образуются неделящиеся, гигантские клетки слюнных желез с гигантскими ядрами и гигантскими хромосомами, представляющими из себя пучки тесно конъюгировавших и многократно расщепившихся двух гомологичных хромосом. На этих гигантских хромосомах видны при микроскопическом изучении многие детали строения и различных перестроек хромосом.

§ 10. Детальное изучение очень многих вызываемых облучением разрывов и перестроек определенных хромосом, производимое параллельно методом скрещивания и микроскопическим анализом гигантских хромосом, позволило связать отдельные гены с темноокрашенными хромомерами, местами скопления дезоксирибонуклеиновых кислот в хромосомах. Таким образом, генотип по современным представлениям является набором хромосом, в которых отдельные гены соответствуют линейно расположенным хромомерам нуклеопротеидной фибриллы. Конечно, с достаточной точностью пока известны лишь общие черты строения генотипа; лишь в самое последнее время начинается эффективный анализ

тонкого строения и механизма редупликации нуклеиновых кислот, их взаимоотношений с протеинами, а в связи с этим и вопросов физико-химического строения генов и взаимоотношений генного и негенного вещества в хромосомах.

б. Общие свойства мутационного процесса

§ 11. Таким образом, гены, с одной стороны, должны быть определены как элементарные единицы менделевского расщепления, а с другой стороны, как элементарные структурные подразделения генотипа, представляющие из себя определенные участки (повидимому, связанные с хромомерами) хромосомной фибриллы (хромонемы). Но в скрещиваниях мы можем анализировать только те признаки, которые в доступном нам материале находятся минимум в двух различных формах (например, белая и серая окраска шерсти у мышей, длинный или короткий хвост, большая или меньшая продолжительность жизни, нормальные или больные определенным наследственным заболеванием, белая или красная окраска цветов, разная продолжительность вегетационного периода у растений и т. п.). Из этого уже ясно, что гены могут изменяться, передаваясь дальше уже в новой измененной форме. Поэтому генам необходимо дать и третье определение, как элементарных единиц наследственной изменчивости.

§ 12. У всех генетически достаточно изученных и в больших количествах разводившихся объектов наблюдается скачкообразное, дискретное появление изменений любых наследственных признаков. Эти изменения, получившие название мутаций, в дальнейшем наследуются, следуя правилам Менделя в их современной общей трактовке. У целого ряда растительных и животных объектов наблюдались и изучены сотни тысяч мутаций, так что мы имеем уже достаточно точные сведения об общих, типичных для всех живых организмов чертах мутационного процесса.

§ 13. Мутации прежде всего могут быть подразделены на три основные группы в зависимости от единицы изменения. Изменяться могут отдельные гены – это генные мутации или мутации в узком смысле слова. Но могут, без изменения отдельных генов, появляться структурные изменения хромосом, заключающиеся в различных перестройках, основанных на первичных разломах или разрывах в пределах одной или нескольких пар хромосом – это будут так называемые хромосомные мутации, в которых единицей изменения является не отдельный ген, а морфологическая структура одной или нескольких хромосом. Наконец, без изменения отдельных генов или морфологии отдельных хромосом может измениться число отдельных хромосом или всего набора, – это будут геномные мутации гетероплоидия (если меняется число отдельных хромосом) и полиплоидия (если увеличивается число целых гаплоидных наборов хромосом), в которых единицей изменения явля-

ется число хромосом. Конечно, эти три типа принципиально различны и, собственно, основными элементарными изменениями наследственных признаков являются лишь генные мутации; однако хромосомные и геномные мутации также могут играть существенную роль в эволюционном процессе, особенно в механизмах видообразования.

§ 14. У всех достаточно хорошо изученных объектов (микроорганизмов, растений и животных) без всяких экспериментальных воздействий с известной частотой возникают все три основные типа мутаций; этот протекающий «естественно», без воздействий со стороны человека, мутационный процесс носит название спонтанного. В спонтанном мутационном процессе относительно более часто появляются генные мутации. Среди спонтанных генных мутаций у всех изученных в этом отношении организмов возникают все вообще возможные для данного вида изменения элементарных наследственных признаков. Мутации могут затрагивать любые морфологические или физиологические признаки и свойства, причем отклонения от «нормы» или исходного типа могут количественно варьировать от еле заметных, установимых лишь с помощью специальных методов, до настолько резких, что они представляют собой либо признаки видового и даже родового систематического значения, либо резкие патологические отклонения – наследственные болезни. Значительная часть мутаций в гомозиготной форме (т. е. будучи получена от обоих родителей) настолько резко отклоняется от нормы, что вызывает нежизнеспособность их носителей; это так называемые рецессивные летали. Мутационный процесс, в общем, случаен и ненаправлен. Поэтому среди возникающих мутаций, особенно среди слабо отклоняющихся от нормы, имеется известный процент «биологически полезных», служащих основным материалом для эволюционного процесса; но большинство мутаций обладает пониженной жизнеспособностью в нормальных условиях существования вида или, как уже упоминалось, вызывает наследственные заболевания и летальный эффект. Это последнее обстоятельство вполне понятно, т. к. в гармоничной, хорошо сбалансированной естественным отбором системе генотипа каждого вида случайные изменения оказываются скорее неблагоприятными, чем благоприятными с точки зрения жизнеспособности индивидуумов.

§ 15. Точное количественное изучение спонтанного мутационного процесса является нелегкой и весьма трудоемкой задачей, т. к. частота спонтанных мутаций невелика. Кроме того, ввиду очень широкого спектра возникающих мутаций, многие из них легко ускользают от наблюдения, а для установления некоторых типов мутаций (например, мелких мутаций, влияющих на жизнеспособность или плодовитость, мутаций, влияющих на химические и физиологические свойства организмов) необходимо применение специальных трудоемких методов. Поэтому общий процент

спонтанных мутаций, возникающих в течение одного поколения, приближенно установлен лишь для некоторых, наиболее хорошо изученных объектов, таких как дрозофила, кукуруза, львиный зев, нейроспора, дрожжи и немногие другие. Необходимо иметь в виду, что интенсивность спонтанного мутационного процесса, по-видимому, зависит от температуры, следуя правилу Аррениуса-Вант-Гоффа; кроме того, спонтанные мутации возникают прямо пропорционально времени. Приближенная оценка частоты мутирования у хорошо изученных объектов дает для общей суммы всех мутаций порядок нескольких процентов на поколение; это значит, что несколько процентов половых клеток содержит какие-либо вновь возникшие мутации. Но так как число отдельных генов у каждого объекта велико, то частота появления определенных отдельных мутаций весьма невелика и, по-видимому, лежит в порядках от сотых до стотысячных процента на поколение.

§ 16. В настоящее время разрабатываются довольно надежные методы приближенного определения общего числа генов в гаплоидном наборе хромосом некоторых хорошо изученных видов. Общий процент спонтанных мутаций можно в этих случаях (зная примерный средний процент мутирования отдельных генов) определить, умножив среднюю частоту мутирования отдельного гена на число генов. Этот также весьма приближенный метод дает примерно тот же порядок общего процента спонтанных мутаций, т. е. несколько процентов на поколение.

По-видимому, у млекопитающих спонтанный процент всех мутаций (может быть, благодаря большой длительности поколений) несколько выше, чем у дрозофилы.

Конечно, и так называемый «спонтанный» мутационный процесс должен иметь свои причины. Возможно, что механизм спонтанных мутаций сходен с таковым спонтанных реакций первого порядка, основанных на изменении молекулярной структуры в результате термических флюктуаций; во всяком случае, большинство спонтанных мутаций возникает не под влиянием «естественных ионизирующих излучений» (космического излучения, радиоактивности организмов), т. к. доза последних слишком слаба. Дальнейшее исследование вопроса о механизме спонтанных мутаций, несомненно, уточнит и количественную оценку общего процента спонтанных мутаций у разных видов живых организмов.

в. Некоторые результаты радиационно-генетических опытов

§ 17. Особенно важными для обсуждаемой нами проблемы являются результаты уже весьма многочисленных к настоящему времени радиационно-генетических опытов. Более или менее всесторонне и на очень большом материале изучены, конечно, лишь сравнительно немногие виды живых организмов; но радиацион-

но-генетические опыты разных масштабов проводились на сотнях различных видов микроорганизмов, растений и животных.

Таблица 1

Примерное процентное распределение мутаций дрозофилы по относительной жизнеспособности (по Тимофееву-Ресовскому, 1940)

Всего мутаций	Морфологически «малые» признаки		
	гомозиготно-летальные	с пониженной жизнеспособностью	с нормальной жизнеспособностью
100'/,	25,0	60,0	10,0

Всего мутаций	Морфологически «большие» признаки		
	гомозиготно-летальные	с пониженной жизнеспособностью	с нормальной жизнеспособностью
100'/,	1,5	2,5	1,0

§ 18. У всех без исключения видов, с которыми производились радиационно-генетические опыты, было под влиянием ионизирующих излучений получено весьма значительное повышение процента появляющихся мутаций. Поэтому мутагенное действие ионизирующих излучений надо считать всеобщим, обязательным для всех живых организмов, включая и человека. Качественно, в смысле спектра различных типов возникающих мутаций, мутационный процесс, возникающий под влиянием ионизирующих излучений, в общем сходен со спонтанным. Но в нем в относительно значительно больших количествах возникают хромосомные мутации; а так как очень многие хромосомные мутации сопровождаются летальным эффектом, то и относительный процент (среди общего числа мутаций) возникающих летальных факторов выше, чем в спонтанном мутационном процессе. В табл. 1 приведено относительное (в процентах от общего числа) распределение различных типов генных мутаций у наилучше в этом отношении изученного вида – дрозофилы.

§ 19. Число возникающих под влиянием облучения генных мутаций, при не слишком высоких дозах, примерно прямо пропорционально дозе. <...> Примерно таким же кривым насыщения следует и зависимость от дозы всех других типов генных мутаций у дрозофилы и всех других видов живых организмов. Хромосомные мутации, большинство из которых основано на двух или бо-

лее разрывах хромосом, дают обычно соответствующие S-образные кривые зависимости от дозы; первичные простые разрывы хромосом дают кривые, сходные с таковыми для генных мутаций.

§ 20. На ряде объектов проводились опыты по вызыванию мутаций весьма различными типами ионизирующих излучений: рентгеновскими лучами, гамма-лучами, бета-излучениями разной жесткости, быстрыми протонами и альфа-частицами. Гамма- и бета-излучения в весьма широких пределах различной жесткости, при равных дозах в рентгенах вызывают одинаковые проценты генных мутаций; т. е. в широких пределах жестокостей эффект зависит только от дозы <...> Густо ионизирующие частицы (протоны и альфа-частицы) несколько менее эффективные при вызывании генных мутаций. <...> При вызывании хромосомных мутаций (т. е. первично хромосомных разрывов) более эффективными являются, по-видимому, густо ионизирующие частицы.

§ 21. Весьма существенно то обстоятельство, что, в отличие от многих других случаев, в радиобиологии процент вызванных мутаций не зависит от интенсивности излучения или мощности дозы, а лишь от общей суммарной дозы. Приведенные результаты опытов на дрозофиле, в которых время экспозиции (при тех же дозах) варьировалось примерно в тысячу раз; из этих результатов видно, что в широких пределах мощность излучения или так называемый «фактор времени» (различная продолжительность экспозиции при равных общих дозах) не влияет на процент вызванных мутаций. Для еще более протрагированных доз, т. е. весьма длительных облучений очень слабой интенсивности, пока еще нет достаточно точных экспериментальных данных.

§ 22. Таким образом, результаты радиационно-генетических опытов можно свести, в первом приближении, к весьма важному положению: процент вызванных мутаций в основном зависит лишь от суммарной дозы, безотносительно к жесткости и интенсивности излучения. Из этого следует, что можно из имеющихся экспериментальных данных, путем экстраполяции, с достаточной на первый случай точностью рассчитывать проценты вызываемых мутаций для любых суммарных доз ионизирущих излучений. Кроме того, из этого же следует, что для вызывания мутаций ионизирующими излучениями, в отличие от многих физиологических реакций, принципиально не существует минимальных «индифферентных» доз; следовательно, понятие «толерантной дозы» по отношению к вызываемым излучениями мутациям является совершенно условным.

г. Некоторые основные представления о генетике популяций

§ 23. За последние три десятилетия, со времени появления классической работы С. С. Четверикова (1926), накоплен большой ма-

териал по экспериментальной популяционной генетике и выяснен ряд основных черт генетического строения популяций и протекающих в них процессов. Большинство природных популяций размножающихся половым путем животных представляет из себя сложную смесь различных генотипов, постоянно пополняемую вновь возникающими мутациями и изменяемую генетико-автоматическими процессами и отбором. Мутации первично возникают всегда лишь в одной из двух гомологичных хромосом какой-либо клетки зародышевого пути одного из родителей, т. е. попадают в популяцию в гетерозиготном состоянии (во второй хромосоме этой пары, пришедшей от второго родителя, содержится нормальная или другая форма того же гена). Большинство вновь возникающих мутаций рецессивны (т. е. проявляются лишь в том случае, когда соответствующий индивидуум получает их от обоих родителей и они содержатся в обоих гомологичных хромосомах данной пары); соответствующие мутантные признаки имеют, таким образом, шансы проявиться лишь в случае достаточно высокой их концентрации в популяции. Популяции, которые численно возрастают и в которых ослаблено действие естественного отбора, содержат особенно много мутаций в гетерозиготном состоянии и часть из них находится в довольно высоких концентрациях; если такая популяция подразделяется на более мелкие размножающиеся в себе группы или подпопуляции, то еще более повышается вероятность появления гомозигот, проявление в связи с этим рецессивных мутаций и повышение полиморфности популяции. Генетическая структура популяций в основном определяется генетико-автоматическими процессами и отбором, которые постоянно изменяют концентрации различных мутаций в популяции. Но, особенно при понижении интенсивности отбора, повышение процента возникающих мутаций поведет к соответствующему повышению степени «засоренности» популяции мутациями.

§ 24. Популяции человека в основном характеризуются двумя признаками: они относятся к численно возрастающим и для них характерна относительно очень малая интенсивность давления естественного отбора. Поэтому именно для популяций человека повышение процента возникающих мутаций является особенно важным фактором соответствующего повышения «засоренности» популяций мутациями и, в связи с этим, повышения числа проявляющихся неблагоприятных признаков. Медицинская статистика показывает, что в популяциях человека уже давно содержится много различных наследственных болезней и наследственных патологических признаков, в свое время возникших первично в качестве мутаций. Так как практически все мутации возникают повторно (при достаточно больших числах индивидуумов), то и среди вновь возникающих будет немало таких, которые и без того уже содержатся в популяциях, а это повысит вероятность их проявления.

С популяционной точки зрения повышение процента поступающих в популяцию мутаций может достигаться разными путями. Одинаковое повышение числа поступающих в популяцию мутаций может быть достигнуто как сильным повышением процента мутирования у части индивидуумов, так и значительно более слабым увеличением процента появляющихся мутаций у всех индивидуумов, составляющих популяцию. С этим связаны и упомянутые во введении два различных, индивидуальный и популяционный, аспекта проблемы о прогнозе возможных вредоносных действий повышения процента появляющихся мутаций на популяцию человека.

III. Генетические эффекты ионизирующих излучений на популяции человека

§ 25. Кратко упомянутые в предыдущей главе основные данные экспериментальной генетики приводят к следующим общим заключениям: а) у всех живых организмов, включая человека, спонтанно возникают различные типы мутаций, влияющих на морфологические, физиологические и биохимические признаки, а также на жизнеспособность и плодовитость индивидов; б) большинство вновь возникающих мутаций в гомозиготном состоянии снижают жизнеспобность индивидов или даже вызывают летальный эффект и в) ионизирующие излучения резко повышают (примерно прямо пропорционально дозе) процент возникающих мутаций, особенно леталей и хромосомных перестроек (часть которых ведет также к летальному эффекту).

Для того чтобы выяснить вопрос о возможности вредоносных генетических действий ионизирующих излучений на популяции человека, необходимо прежде всего, на основании точных экспериментальных данных, полученных у хорошо изученных объектов, определить количественно действие определенных доз ионизирующих излучений на общий процент мутаций. Затем, на основании косвенных данных нужно решить вопрос о том, являются ли полученные на точно изученных объектах данные по отношению к человеку преувеличенными или преуменьшенными и, наконец, надо оценить соответствующие выводы и условиться относительно минимальной, допустимой с генетической точки зрения, дозы ионизирующих излучений по отношению к отдельным индивидам и значительным частям популяции человека.

§ 26. Для наилучше изученного генетически объекта дрозофилы в табл. 1 было приведено процентное распределение различных типов мутаций по характеру их влияния на признаки. Как уже упоминалось ранее, точное определение числа появляющихся мутаций для большинства их типов является работой весьма трудоемкой. Поэтому громадное большинство радиационно-генетических опытов проводилось с точным учетом лишь одного какого-

нибудь определенного типа мутаций, у дрозофилы обычно сцепленных с полом леталей. Зная для такого, хорошо изученного типа мутаций точную зависимость от дозы, а следовательно, и процент возникающих мутаций на единицу дозы, необходимо прежде всего рассчитать общий процент мутаций на единицу дозы. Для этого, в отношении количества различных типов мутаций, можно воспользоваться данными табл. 1. <...> Кроме того, в специальных опытах различных авторов было установлено, что относительные числа мутаций, возникающие в разных хромосомах, примерно пропорциональны относительной длине этих хромосом. Расчет общего процента мутаций на единицу дозы можно поэтому провести следующим образом. Огромный экспериментальный материал имеется по проценту сцепленных с полом (т. е. возникающих в Х-хромосоме) рецессивных леталей у дрозофилы; зная процентуальное участие Х-хромосомы в общей длине всех хромосом гаплоидного набора, можно определить общий процент рецессивных леталей, возникающих во всех хромосомах. Затем, выяснив, на основании данных табл. 1, какой процент составляют рецессивные летали из общего числа всех мутаций, можно вычислить, путем умножения общего числа возникающих во всех хромосомах леталей на соответствующий коэффициент, общий процент всех мутаций на единицу дозы. Такой же расчет, исходя из знания процента сцепленных с полом леталей, можно провести и для общего процента спонтанных мутаций. Проведен такой расчет общего процента спонтанных мутаций, общего процента мутаций, вызываемых дозой ионизирующих излучений в 1000 рентген, дозы, удваивающей спонтанный процент мутаций, и дозы, вызывающей 1% мутаций. <...> У дрозофилы общий процент спонтанных мутаций равен примерно 3%, а доза в 1000 рентген вызывает примерно 72% мутаций. Один процент мутаций вызывается, таким образом, дозой около 15 рентген, а спонтанный процент мутаций удваивается дозой около 30 рентген.

§ 27. Следующим подлежащим обсуждению является вопрос об относительной мутабильности млекопитающих и человека. Раньше уже упоминалось, что имеются основания считать млекопитающих более мутабильными, чем дрозофила. Иными словами, процент мутаций на поколение у млекопитающих, по-видимому, выше, чем у дрозофилы. Возможно, что это связано как с большей продолжительностью поколения, так и с большим числом генов у млекопитающих. Кроме того, полученные показатели и для дрозофилы надо считать минимумом, так как в них, несомненно, не учтены еще некоторые трудно установимые типы мутаций, а относительное число хорошо изученных леталей, возникающих в половой хромосоме, может быть несколько меньше, чем в остальных хромосомах. Поэтому доза в 15 рентген на 1% вызванных мутаций должна во всяком случае считаться верхним пределом, и у

человека 1% мутаций вызывается, по-видимому, уже значительно меньшей дозой.

§ 28. Раньше уже указывалось на то, что человек в популяционно-генетическом отношении находится в неблагоприятных, по отношению к вновь возникающим отрицательным мутациям, условиях. Популяции человека количественно растут, а давление отбора ничтожно. Поэтому общее для всей популяции повышение частоты возникновения мутаций даже на один или несколько процентов надо считать весьма нежелательным. Конечно, даже довольно значительные дозы ионизирующих излучений, порядка до сотни рентген, полученные за репродуктивный период отдельными немногими индивидуумами, не играют особенно большой роли с общепопуляционной точки зрения, хотя и их, конечно, надо по возможности избегать. Но легко высчитать, что для получения целой большой популяцией за репродуктивный период дозы порядка тех же 100 рентген достаточно постоянного повышения общего фона ионизирующих излучений на большой территории до в настоящее время законно допустимой толерантной дозы в 0,05 рентген за сутки (конечно, в том случае, если речь идет о глубинной эффективной дозе, т. е. о гамма- или очень жестком бета-излучении).

Этот весьма приближенный и осторожный расчет показывает, что при неосмотрительном повышении общего фона ионизирующих радиаций на больших территориях, изменение генотипического состава популяций человека лежит вполне в пределах возможности.

Заключение

§ 29. Таким образом, все вышеприведенные данные и рассуждения приводят к следующим заключениям. Ионизирующие излучения у всех организмов, включая человека, повышают процент возникающих мутаций; при этом процент мутаций прямо пропорционален дозе и в значительной степени независим от продолжительности экспозиции (фактора времени) и жесткости излучения. У генетически хорошо изученных объектов 1% мутаций вызывается дозой порядка 10 рентген; у млекопитающих и человека эта доза, вероятно, ниже. Дозы порядка 100 рентген, полученные за весь репродуктивный период немногими отдельными индивидуумами, еще не являются генетически угрожающими; но такие же дозы, получаемые всеми или большинством индивидуумов популяции уже в течение немногих поколений, вызовут заметные изменения генотипического состава популяции и являются поэтому недопустимыми, так как большинство мутаций, в отсутствие заметного давления отбора, вызывают биологически неблагоприятные изменения признаков.

§ 30. Ввиду вышесказанного совершенно необходимой представляется борьба с заметным повышением фона радиоактивных излучений на более или менее обширных территориях. При этом «фон» должен пониматься в самом широком смысле этого слова. Альфа-частицы и мягкие бета-излучения извне не проникают в половые клетки человека; при облучении извне генетически эффективным является лишь гамма- и очень жесткое бета-излучение. Но, конечно, совершенно иной является картина при инкорпорации (проникновении в организм) излучателей: тогда все, и наиболее мягкие, излучения окажутся в той или иной мере генетически эффективными. Загрязнение воды, почвы, воздуха (пыли и газа) и пищевых продуктов излучателями влечет за собой их проникновение в организм человека; поэтому загрязнение территории бета-излучателями также повышает генетически эффективный «фон».

§ 31. Атомная промышленность во всем мире производит ежегодно огромное количество излучателей. До тех пор пока они сконцентрированы в тех местах, в которых с ними производится какая-либо работа, они не являются загрязненными (ибо, по старому определению, грязь – это вещество, находящееся не там, где ему положено) и с популяционной точки зрения не представляют большой опасности; конечно, рабочий персонал должен быть предохранен от контакта с излучателями и излучениями, разработанными специальными охранными мероприятиями, уже достаточными в настоящее время при разумном и строгом выполнении всех положенных правил. При этом надо помнить, что неощутимые пока генетические эффекты возникают и при таких дозах, которые по праву могут считаться физиологически еще толерантными; не следует, однако, забывать и того, что отдельные эффекты на индивидуум, главным образом злокачественные опухоли и злокачественные перерождения крови, ведут себя во многом сходно с генетическими эффектами, являясь частично соматическими мутациями (т. е. мутациями тканевых, а не зародышевых клеток). Недаром ряд видных зарубежных биологов повторно и при различных случаях указывают на возрастающую опасность для человечества радиоактивных загрязнений среды его обитания. В Англии уже ведется учет получаемых определенными слоями населения генетически эффективных доз.

§ 32. Необходимо особо подчеркнуть, что все вышеприведенные данные и основанные на них рассуждения почерпнуты из общей экспериментальной и радиационной генетики, до последнего времени не ставившей себе специальной задачи анализа возможных генетических эффектов излучений на человека. При явной невозможности в ближайшее время собрать достаточный генетический материал по человеку (в местах взрывов атомных бомб в Японии и при авариях), необходимо расширение работ по радиационной генетике на генетически удобных объектах, с целью установления и уточнения закономерностей спонтанного и вызван-

ного излучениями мутационного процесса. Кроме того, необходимо проведение специальных опытов на млекопитающих для установления их относительной мутабильности; количественный расчет минимального объема таких опытов, могущих дать статистически достоверные результаты, недавно произведен Холдэном. В нашей стране необходимо всячески форсировать проведение радиационно-генетических опытов, ввиду их большого и актуального практического значения. При этом надо учитывать, что практическое значение радиационной генетики не ограничивается установлением прогноза отрицательных действий излучений на популяции человека. Еще большее значение она имеет как источник методических достижений и сырого материала для весьма положительных проблем селекции культурных растений и домашних животных.

Встречное движение наук. Новый научный синтез биосферных идей

– Кто ты, чтоб так говорить?
– Сложность противоречий.
Тирсо де Молина

Примерно полтора десятилетия тому назад науковеды заговорили о том, что интеграция становится ведущей тенденцией в современной науке. Что же, лучше поздно, чем никогда: ведь еще в конце прошлого века натуралисты ставили вопрос о синтетической картине мира. Более того, в отличие от современного науковедения, все еще остающегося во власти физикализма, четко зафиксировали ту основную теоретическую трудность, с которой сопряжено построение единой синтетической картины мира.

Трудность состоит в том, что между аналитическими науками существуют резкие разграничительные линин. Каждая из них сформировала собственный понятийный аппарат и методы исследования, выработала свои теоретические принципы и способы построения научных теорий. Каким же образом можно соединить эти разнородные части научного знания?

Нынешнее науковедение обходит стороной этот коренной вопрос о *противоречивости* интеграции наук и довольствуется описанием внешних проявлений этого процесса. Интеграцию наук определяют как взаимопроникновение понятий и методов одних наук в другие, как построение теорий «более высокой степени общности», как возникновение так называемых пограничных (биохимия, геофизика и т. д.) и общенаучных дисциплин (кибернетика, общая теория систем и т. п.), как применение комплекса научных дисциплин при изучении той или иной проблемы и т. д. По-прежнему анализ интеграции наук ведется в рамках физиче-

ской картины мира. Биосферные науки так и остаются вне поля зрения, а между тем именно они являются узловой проблемой интеграции научного знания.

Как видим, науковеды в трактовке интеграции наук основное внимание сосредоточивают на взаимодополнительности, определенного рода комплиментарности и даже конвариантности интегрирующихся наук. От сложного и противоречивого процесса интеграции наук в науковедении осталось лишь абстрактное представление о «взаимодействии наук». В свое время Ф. Шеллинг ехидно и вполне резонно заметил, что «взаимодействие – это ночь, в которой все кошки серы».

Из истории науки хорошо между тем известно, насколько долго и мучительно шел спор между механицистами и виталистами о сущности явлений жизни и ее происхождении. Для науковедения этого спора как будто и не существовало. Под влиянием работ по кибернетике и общей теории систем, после опубликования статьи В. А. Энгельгардта «Интегратизм – путь от простого к сложному в познании явлений жизни» (1973) отечественные науковеды увлеклись выявлением общих «интегральных» закономерностей в мире живой и неживой природы, теряя из вида качественную грань между ними. А затем с той же решительностью стали отстаивать пользу «редукционизма» – выявления специфичности жизни на молекулярном уровне ее организации. И в этом случае исчезала качественная грань между живым и неживым.

Сейчас, когда столь безмятежно говорят о «взаимодействии наук», полезно напомнить вопрос, который был камнем преткновения для натуралистов в их попытках выработать теоретические основы общего естествознания: как возможно, чтобы классические аналитические науки, добившиеся статуса независимости и самостоятельности, вдруг расстались со своей независимостью и растворились в некоей «интегрированной» массе знания?

В конце прошлого века натуралисты с некоторой торжественностью говорили о трех царствах природы – царствах минералов, растений и животных. Царство есть царство: независимая, самоуправляющаяся и имеющая свои неприкосновенные границы единица. Неужели натуралистам изменяло чутье единства природы, когда они охотно и с симпатией прибегали к выражению «царство природы»?

Самостоятельность классических фундаментальных наук есть своего рода константа в жизни науки. Если с этим не считаться, то результатом «интеграции» наук неизбежно будет аморфная «интегрированная масса знаний», компоновка которой определится субъективным произволом исследователя. О такой аморфности современного научного знания свидетельствует сосуществование целого набора «научных картин мира» – физической, химической, биологической, термодинамической, синэнергетической, космологической и т. д. Сосуществование множества науч-

ных картин мира показывает, что обсуждение проблемы интеграции наук продолжает оставаться в русле аналитического типа мышления.

Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский стоял на почве биосферного, синтетического научного мировоззрения, и это позволило ему задолго до того, как проблема интеграции наук стала очередной порцией пищи для науковедения, выдвинуть положение о *встречном движении наук* о биосфере. К сожалению, это замечательное эмпирическое обобщение не оказалось в поле зрения науковедов.

Признавая, что разработка наук о биосфере шла параллельно и что каждая из них развивалась самостоятельно, он подчеркивал, что их развитие шло навстречу друг другу. Встречное движение, а не взаимодополнительность, не комплиментарность, не растворение одной науки в другой – вот наиболее существенная особенность развития биосферного естествознания, биосферного класса наук. Каждая наука, сохраняя свою внутреннюю специфику, вместе с тем раскрывает определенный аспект целостности биосферы.

Корни этого «встречного движения наук» лежат в самом истоке формирования классических аналитических наук. Их становление происходило с огромным напряжением. И в этом нет ничего удивительного: нужно было преодолеть абстрактное, «наивное», как говорил Ф. Энгельс, представление о «цельной и нераздельной природе». Нужно было выделить подразделы «царства» природы, придав им самостоятельный статус. Иного пути для выработки научных понятий не было или его не нашло человечество, Натуралистам предстояло провести вивисекцию живого восприятия цельности природы, которым они были проникнуты. Это была труднейшая психологическая операция, нередко ломавшая человеческие судьбы.

На этом пути аналитического познания природы натуралисты пришли к крупнейшему эмпирическому обобщению, выделив два основных подраздела – мертвую и живую природу. На эти подразделения впервые указал П. С. Паллас (1766) и независимо от него – Ж. Бюффон (1778). Позже широкое распространение получило представление о том, что между телами неорганическими и живыми, как писал основатель биологии Ж.-Б. Ламарк, существует глубокий разрыв, который не позволяет их поместить в единый ряд и свидетельствует о том, что по своему происхождению эти тела резко отличаются друг от друга. В. И. Вернадский, приступая к разработке учения о биосфере, с присущей ему обстоятельностью и систематичностью исследовал этот вопрос и выделил 16 признаков «непереходимого резкого различия» между живым естественным телом и косным естественным телом биосферы.

Между тем очевидна обязательность и непрерывность взаимодействия живого с неживым во всех отправлениях жизненных

функций организмов (дыхание, питание). Натуралисты оказались перед труднейшей проблемой – объяснить, каким образом происходит взаимодействие между живыми и косными телами. Это была проблема, указывавшая на основное теоретическое *противоречие внутри самого естествознания.*

Эту проблему в принципе нельзя было решить в рамках той или иной аналитической науки. Она могла быть решена на основе особого класса синтетических наук. Ими стали науки о биосфере.

Подчеркнем еще раз: аналитическое расчленение природы, которое было необходимым первым шагом к ее научному познанию, выявило коренное противоречие внутри самого естествознания. По мере развития аналитических наук преодоление данного противоречия становится основной задачей естествознания. Ее и сформулировал В. В. Докучаев, указав, что «сущность познания естества, ядро истинной натурфилософии, лучшую и высшую прелесть естествознания» составляет изучение генетических, вековечных и всегда закономерных соотношений и взаимодействий между мертвой и живой природой.

Он показал, что эта основная теоретическая проблема естествознания решается единственным путем – путем выявления особых природных тел, образующихся при взаимодействии живого с неживым. Одним из таких тел является почва – «биокосное тело», по определению В. И. Вернадского. Почва изучалась предшественниками В. В. Докучаева, но изучалась с помощью уже сложившихся в науке аналитических приемов. О своих предшественниках В. В. Докучаев писал, что они «слишком резко разбились на довольно искусственные школы, из которых одна признает преимущественно химию почв, другая – физику, третья – геологию с механическим составом и пр. Словом, почти никто не хотел изучать почвы как естественноисторические тела, никто не хотел исследовать все важнейшие свойства этих тел в их взаимной связи»[1]. Можно сказать, что исследователи держали почву – это наиреальнейшее природное тело – в руках и не видели, не замечали, что это особое тело природы. Аналитизм уже настолько укоренился в разуме ученых, что заставлял их отвергать и живое восприятие природы, и многотысячелетний опыт земледелия. Именно почвы были теми первыми телами природы, которые подверглись преобразующей деятельности человека. Лишь много позже, а по существу всего два столетия тому назад, возникла индустрия – специализированная работа человека с косным веществом биосферы. А земледелие было отброшено индустрией на задний план. Так человечество не только в науке, но и на практике осуществило разрыв между живой и неживой природой. Последствия этого разрыва – глобальная эрозия и деградация почв – не заставили себя долго ждать.

---

[1] *Докучаев В. В.* Сочинения. М., 1950. Т. 4. С. 318.

Изучению генетических, вековечных и всегда закономерных соотношений и взаимосвязей между живой и неживой природой В. В. Докучаев придавал столь фундаментальное значение, что сформулировал «закон содружества мира органического с миром неорганическим» как общий закон естествознания.

Этот закон обозначил расхождение теории эволюции органического мира Ч. Дарвина и биосферной концепции В. В. Докучаева. Заметим, что это расхождение произошло в то время, когда дарвиновская теория получила всеобщее признание.

В теории эволюции органического мира Ч. Дарвин обосновал идею генетического единства всего живого на планете. Это было важнейшим шагом на пути к понятию живого вещества – основного в учении о биосфере. Но нужно было сделать следующий шаг – раскрыть характер взаимоотношений живого и неживого. В теории Дарвина была принята во внимание лишь одна сторона этих взаимоотношений – приспособление живого к окружающей его среде, и не была представлена другая, противоположная сторона – формирование живым своей среды обитания. Для того чтобы выявить эту вторую сторону, необходимо было выделить и исследовать геохимические функции живого, их непрерывность в геологическом масштабе времени.

«Закон содружества» В. В. Докучаева – это преодоление односторонности эволюционной теории Ч. Дарвина и новый крупнейший шаг вперед в разработке эволюционной идеи в естествознании . Вот как об этом писал сам В. В. Докучаев: «Великий Дарвин, которому современная наука обязана, может быть, $^{9}/_{10}$ своей настоящей широты, полагал, что миром управляет ветхозаветный закон: око за око, зуб за зуб. Это крупная ошибка, великое заблуждение. Понятно, что за эту ошибку Дарвина нельзя винить, и ее нельзя приписать недостатку таланта, перевернувшего, как я говорю, вверх дном всю науку. Но все же теперь Дарвин оказывается, слава Богу, неправым. В мире, кроме жесткого, сурового ветхозаветного закона, мы ясно усматриваем теперь *закон* содружества, любви. И мы знаем, что нигде так резко и отчетливо не проявляется этот закон, как в учении о почвенных зонах, где мы наблюдаем теснейшее взаимодействие и полное содружество мира органического и мира неорганического. Закон Дарвина вполне применим к небольшому полю наблюдений: чем ближе друг к другу сталкивающиеся существа, тем борьба между ними сильнее. Если же мы окинем взором обширные зональные пространства, то увидим, что на протяжении тысяч верст чернозем, сурки, ковыли и пр. превосходно уживаются вместе и дополняют друг друга»[1] . Данное высказывание может служить примером той настоящей позитивной научной критики, которая продвигает вперед научное мышление.

---

[1] Докучаев В. В. Сочинения. М., 1953. Т. 7. С. 277.

Закон содружества получил конкретное выражение в докучаевских законах постоянства соотношений факторов почвообразования и законах постоянства соотношений наиболее существенных признаков и компонентов биосферных систем. Этот закон лег в основу метода сопряженного анализа эволюции почв и несущих их ландшафтов – основного метода докучаевского почвоведения.

Понятие дружбы, содружества предполагает равноправие партнеров, когда каждый из них выступает как самостоятельное целое со своим своеобразным неповторимым обликом. Здесь нет насилия, принуждения, подчинения произволу другого. И вместе с тем в дружеских отношениях складывается некоторое новое своеобразное единство, нового рода целостность.

Нечто подобное В. В. Докучаев усматривал между факторами почвообразовательного процесса. Почвы формируются в результате исторически длительного взаимодействия неорганических и органических факторов: материнской горной породы, климата, поверхностных и грунтовых вод, ландшафта и органического мира во всем его многообразии. Он неизменно подчеркивал, что все эти факторы почвообразования («множители-почвообразователи», как он выражался) всегда действуют совместно и ни одному из них нельзя отдать предпочтения. Все они совершенно равноправны, хотя в разные моменты роль того или иного фактора может усиливаться.

Эту принципиально новую теоретическую позицию – докучаевский закон содружества – воспринял Н. В. Тимофеев-Ресовский и реализовал в понятии встречного движения наук о биосфере. Помогли здесь и личные обстоятельства жизни Николая Владимировича.

Дело в том, что идеи, выраженные в законе содружества, одновременно с В. В. Докучаевым развивались и другими крупными натуралистами. В их числе был Петр Алексеевич Кропоткин, с которым Николай Владимирович находился в родственной связи. До недавнего времени П. А. Кропоткин в советской марксистской литературе сурово критиковался как один из виднейших теоретиков анархизма. Следовательно, «анафеме» подвергалось и его имя крупнейшего натуралиста, которому принадлежит ряд замечательных научных достижений, в том числе обоснование теории ледниковых периодов. Выдающийся путешественник, он вместе с Э. Реклю предпринял создание всемирной географии «Земля и люди».

Вот что Николай Владимирович рассказывал о своих встречах с П. А. Кропоткиным: «Когда Кропоткин в 17-м году вернулся в Москву, я с моей бабушкой несколько раз бывал у него на Пречистенке. Это был настоящий барин. Я был студентиком. Спорил с ним тогда насчет дарвинизма. Я тогда недопонял его книжки «Взаимопомощь как фактор в борьбе за существование». Это очень умная книжка вообще, очень умная. Действительно, взаи-

мопомощь – это важный фактор в борьбе за существование в естественном отборе. По младости лет спорил о дарвинизме, об анархизме, обо всякой всячине. А он очень мило, очень так поджентльменски, на равных, мне отвечал. У меня удивительно приятные воспоминания остались... Мне-то он внучатым дядей приходился. Двоюродный братец моей бабушки».

Закон взаимопомощи очень важен для теоретического естествознания; поэтому мы позволим себе привести выдержку из «Записок революционера» П. А. Кропоткина.

«Известно, к каким выводам пришло большинство последователей Дарвина, даже таких умных, как Гексли, в толковании его закона «борьбы за существование». Нет такого насилия белых народов над черными или же сильных по отношению к слабым, которого не старались бы оправдать этими словами – «борьба за существование».

Уже во время моего пребывания в Клэрво я чувствовал, что необходимо вполне пересмотреть само понятие «борьба за жизнь» в мире животных, а тем более его приложение к миру человеческому. Попытки, сделанные в этом направлении некоторыми социалистами, положительно не удовлетворяли меня; и я думал об этом вопросе, когда нашел в речи русского зоолога профессора Кесслера, произнесенной на съезде русских естествоиспытателей в 1880 году, новое, превосходное понимание борьбы за существование. «Взаимная помощь, – говорил он, – такой же естественный закон, как и взаимная борьба; но для *прогрессивного* развития вида первая несравненно важнее второй».

Эта мысль, которую, к сожалению, Кесслер доказывал в своей речи лишь весьма немногими фактами (умный Северцов сейчас же принял ее и подтвердил двумя-тремя примерами), явилась для меня ключом ко всей задаче. Я начал собирать материалы из жизни животных в подтверждение моей мысли.

Теперь, когда Гексли, желая бороться с социализмом, выступил в 1888 году в «Nineteenth Century» со своею жестокою статьею «The Struggle for Existence: a Programm» («Борьба за существование: программа деятельности»), я решился наконец изложить в удобочитаемой форме материалы, собранные мною за последние шесть лет, и выставить мои возражения против ходячего понимания борьбы за жизнь между животными и между людьми. Я сказал об этом некоторым английским друзьям, но скоро убедился, что «борьба за существование», истолкованная как боевой клич: «Горе слабым!» – и возведенная на ступень непреложного «естественного закона», освященного наукой, пустила в Англии такие глубокие корни, что превратилась почти в канон. Только два человека ободрили меня выступить против этого ложного толкования жизни природы, Издатель «Nineteenth Century» Джемс Ноульз (James Knowles) со своей замечательной проницательностью тотчас усмотрел важность вопроса и стал убеждать меня, с чисто

юношеской пылкостью, взяться за эту работу. Другой был Бэтс (Bates), автор хорошо известной у нас книги «Натуралист на Амазонской реке». Он, как известно, много лет собирал именно такие данные изменчивости видов, на которых Дарвин построил свои великие обобщения, и Дарвин в своей автобиографии говорит о нем как об одном из самых умных встреченных им людей. Бэтс был секретарем Лондонского географического общества, и я знал его. Когда я сообщил ему о своем намерении, он очень обрадовался. «Да, непременно сделайте эту работу! – говорил он. – Это настоящий дарвинизм. Просто обидно подумать, что *они* сделали из идей Дарвина».

Лучшего поощрения нельзя было ожидать, и я с удвоенной энергией продолжал работу, которая печаталась в «Nineteenth Century» под заглавием «Взаимная помощь у животных», затем «у дикарей, у варваров, в средневековом городе и в современном обществе», а потом я издал все это книгою «Mutual Aid: a Factor of Evolution» («Взаимная помощь как фактор эволюции»).

Изыскания, которые мне пришлось сделать в этой работе, чтобы ознакомиться с учреждениями варварского периода и вольных средневековых городов, привели меня к другим интересным исследованиям, а именно к изучению роли государства в течение трех последних веков со времени новейшего его выступления в Европе в XVI веке. С другой стороны, изучение учреждений взаимопомощи в различные фазисы цивилизации привело меня к изысканиям о развитии в человечестве идей справедливости и нравственности. Я изложил эти работы в двух лекциях. Одна из них озаглавлена «Государство и его роль в истории», другая называется «Справедливость и нравственность». В этой лекции я набросал свое понимание этики, то есть общественной нравственности вообще, и эти последние три года (1895 – 1898) я занялся более полною разработкою мыслей, высказанных в этой лекции»[1].

Закон взаимопомощи был направлен против той односторонней интерпретации взаимоотношений между организмами и видами, которая навязывалась понятием «борьба за существование». Он несет в себе очень сильное гуманное начало. В обществе, опутанном классовыми и другими властными отношениями, этот закон встречает неприятие и упорное сопротивление. Этот закон по душе людям внутренне свободным и руководствующимся логикой естественноисторического процесса, а не произволом носителей властных функций. Таким и был Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Мог ли он, чье мощное теоретическое мышление было целиком проникнуто естественноисторической логикой, совершать антигуманные действия?

Возвращаясь к закону содружества В. В. Докучаева, заметим, что он получил дальнейшую углубленную разработку в работах

---

[1] *Кропоткин П.* А. Записки революционера. М., 1988. С. 470 – 472.

В. И. Вернадского, прежде всего в биогеохимических принципах и в понятии эволюции биосферы как процесса, в котором взаимно сопряжены эволюция органического мира, эволюция химизма земной коры и геологические преобразования на планете.

В. И. Вернадский отмечал, что в значительных областях биологии (например, в систематике) не обращали внимания на окружающую среду и описывали организмы как «самодовлеющие тела природы», хотя и не раз утверждали, что нельзя изучать организм вне той среды, в которой он живет. Постепенно, замечает он, на смену такому представлению приходили более реальные и конкретные – благодаря работе физиологов, изучавших процессы дыхания и питания, в которых непосредственно выступает связь организмов с окружающей средой. Этому стало способствовать изучение таких природных единиц, как биоценозы. «Только в XX веке, – резюмирует В. И. Вернадский, – в сознание биологов вошло, что и окружающая организм среда находится в определенной организованности с живым организмом, в ней живущим»[1] .

Организм от среды, говорил В. И. Вернадский, «можно отделить только мысленно». При таком отделении организм изучается «в совершенно абстрактной, не отвечающей действительности обстановке. При этом мы изучаем не природный организм, а абстракцию, часть организма, мысленно поставленную в невозможное в природе положение... Организм составляет неразрывную часть земной коры, есть ее порождение, часть ее химического механизма... Жизнь меняет для вещества, для всех входящих в организм и строящих его химических элементов условия их химических равновесий»[2]. Изменяя химию земной коры, живое вещество активно формирует свою собственную среду, условия своего существования. Каждый организм при рождении находит среду, подготовленную для его жизни работой всех предшествующих поколений, и сам, в свою очередь, вносит вклад в преобразование среды.

В. В. Докучаев, как мы уже говорили, показал, что основное теоретическое противоречие естествознания – вопрос о том, как «совмещается несовместимое», как возможно взаимодействие между живым и неживым, если между ними существует резкая «качественно непереходимая» грань, – решается на пути выявления особых самостоятельных природных образований, возникающих в процессе взаимодействия живого с неживым. К таким образованиям относится сама биосфера в целом и составляющие ее биосферные системы – почвы, биогеоценозы, ландшафтно-геохимические системы.

В. И. Вернадский, следуя за В. В. Докучаевым, раскрыл биогеохимический круговорот вещества и энергии как основной спо-

---

[1] *Вернадский В. И.* Живое вещество. М., 1978. С. 16

[2] Там же. С. 213-214.

соб существования биосферных систем. Выявив и систематически изучив геохимические функции живого вещества, он показал возможность строго количественного выражения того «генетического, вековечного и всегда закономерного соотношения и взаимодействия живого и косного вещества», на которые на качественном уровне указывал В. В. Докучаев.

История создания геохимии, а затем биогеохимии – один из поучительных примеров «встречного движения наук». В. И. Вернадский отмечал, что целый ряд геохимических обобщений возник очень рано (например, в трудах Ж.-Б. Ламарка и А. Лавуазье). Но затем начался активный процесс формирования аналитических наук. Произошла дифференциация наук, каждая из которых стала развиваться самостоятельно. Так и геология, и химия развивались обособленно друг от друга вплоть до второй половины XIX века. «Геология, – писал В. И. Вернадский, – быстро вышла из старых схем и охватила более разнообразными построениями сложность явлений природы. В то же время внимание химиков отвлеклось от геохимических проблем, и на первое место в истории химических элементов стали все больше выступать такие их свойства, которые, казалось, не проявлялись в процессах нашей планеты. Химический элемент стал более абстрактным; казалось, что между геологическими и химическими науками существует основная непроходимая грань. Это ярко сказалось в различных классификациях наук, столь многочисленных в это время. Умонастроение исследователей было неблагоприятно для создания геохимии»[1].

К 1850 году три крупных натуралиста – К. Бишоф, Эли де Бомон и И. Брейтгаупт – независимо друг от друга пришли к ряду существенных геохимических обобщений. Хотя ни один из них не охватил единым синтезом всю область геохимии, результаты их долголетних работ подготовили почву для появления этой науки. «Современники, однако, – замечает В. И. Вернадский, – этого не видели, они усматривали только противоречия и не охватывали их как проявление одного и того же целого»[2].

В. И. Вернадский указал на три изменения в представлениях об окружающем мире, которые дали прочную основу для геохимии. Это, во-первых, обнаружение химического единства Вселенной, во-вторых, установление идентичности атома и химического элемента и, наконец, выяснение, что изучаемые геологией процессы охватывают не весь земной шар, а только наружную часть планеты – земную кору.

Геохимия возникла, когда в научное исследование стали вовлекаться новые области природы (химическое исследование Космоса) и когда сформировались новые представления о химиче-

---

[1] *Вернадский В. И.* Биосфера. М., 1967. С. 37.

[2] Там же. С. 35.

ских элементах. Вместе с тем происходило уточнение предмета исследования как в геологии, так и в химии. В этих новых условиях выявились «точки соприкосновения» обеих наук. Оказалось, что они с разных сторон исследуют один и тот же общий вопрос – историю атомов земной коры. Показав, что он является основным вопросом геохимии, В. И. Вернадский обратил внимание на доминирующую роль живого вещества в истории атомов в биосфере, расширил рамки геохимии, включил в нее ряд новых эмпирических обобщений, указывающих на эту роль живого вещества, и создал биогеохимию.

Таким образом, создание биогеохимии прошло два этапа «встречного движения наук». Сначала «встретились» геология и химия, а затем – в лице В. И. Вернадского – геохимия пересеклась с биологическими дисциплинами, прежде всего с физиологией дыхания и пищеварения, непосредственно изучающей обмен веществ между организмом и средой (т. е. между живой и неживой материей), и экологией как наукой, изучающей взаимоотношения организмов и популяций со средой их обитания, которая имеет определенные химические и геологические характеристики.

В этом встречном потоке геохимических и биологических дисциплин В. И. Вернадский разрабатывает биогеохимические принципы учения о биосфере.

С появлением геохимии ландшафтов Б. Б. Полынова и биогеоценологии В. Н. Сукачева наметился новый «встречный поток» наук о биосфере. Этот поток выносил на *новый уровень научного синтеза биосферных идей.* Выдающаяся заслуга Н. В. Тимофеева-Ресовского заключается в обнаружении *ключа* к новому синтезу – *принципа биохорологических единиц* биосферы, о чем более подробно будет рассказано в следующем разделе книги.

В статье «О некоторых принципах классификации биохорологических единиц» (1961) Н. В. Тимофеев-Ресовский писал: «Биогеохимия, а также учение о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях являются, по материалу и методике, дисциплинами геохимическими, со своим географическим аспектом. Дополняющей их «встречной» биологической дисциплиной является биогеоценология В. Н. Сукачева. Основной единицей предмета исследований этой дисциплины является находящаяся в состоянии динамического равновесия совокупность биоценоза и места его обитания (биотоп), в которой все компоненты связаны между собой и с элементами среды эдафически-адаптационными отношениями. Она названа Сукачевым «биогеоценозом». Имея в виду эту «встречность», Николай Владимирович говорил о «вернадскологии с сукачевским уклоном».

Новый уровень научного синтеза биосферных идей Н. В. Тимофеев-Ресовский закрепляет введением понятия *общей биогеоценологии* и сразу же указывает на огромную практическую значимость выхода на новый уровень понимания взаимосвязи био-

сферных процессов. В статье «Радиационная биогеоценология» он подчеркивает, что «переход биосферы в стадию ноосферы требует от человечества глубокого, всестороннего и строго количественного изучения биосферы, баланса ее вещества и энергии, а также процессов и взаимосвязей, протекающих в ней. Без этого невозможно разумное, построенное на строгой научной основе, хозяйственное использование природных ресурсов. Изучением биосферы занимаются в широких масштабах представители самых различных научных дисциплин на всех уровнях проявления жизненных процессов: молекулярном, клеточном, онтогенетическом и биосферном. Однако теоретической основой, *замыкающей и объединяющей* широкий круг такого рода исследований, является о б щ а я б и о г е о ц е н о л о г и я – наука об элементарных биохорологических единицах биосферы и процессах, протекающих в ней.

Общая биогеоценология, созданная В. Н. Сукачевым, – наука, *смежная* с биологией и биогеохимией, обнимающая как живые, так и косные компоненты биосферы. В этом отношении она родственна (но имеет более общее значение) лесоведению, почвоведению, микробиологии и ряду других дисциплин, которые в современном аспекте являются частью общей биогеоценологии.

Поэтому ее задачи и методы весьма разнообразны; коротко они сводятся к следующему: общая биогеоценология занимается: а) хорологическим подразделением биосферы на элементарные биохорологические единицы – биогеоценозы, в которых протекают основные элементарные процессы биогеохимической работы, производимой организмами в биосфере; б) изучением круговорота вещества и энергии в биогеоценозах; в) геохимическими связями между смежными биогеоценозами и г) анализом условий и причин динамического равновесия, в котором находятся биогеоценозы и их способности к саморегулированию».

Нельзя не заметить, что в самом понятии «общая биогеоценология» выразилась характернейшая черта естествознания середины XX века – стремление уйти от чрезмерной, уже начавшей тяготить, раздробленности научного знания, выявить некоторые общие его закономерности и почувствовать, что любая самая малая частичка знания причастна общему его предназначению.

Именно в эти годы появляются и начинают широко использоваться такие понятия, как «общая биология», «синтетическая теория эволюции», «общая теория систем», «общенаучные дисциплины». Вхождению этих понятий в научный оборот способствовало понимание необходимости комплексного изучения глобальных последствий человеческой деятельности и понимание того, что наиболее перспективные научные открытия могут быть получены на пути встречного движения научных дисциплин.

Николай Владимирович, обладая качествами высококлассного ученого-аналитика, постоянно помещал себя в эти встречные по-

токи научного знания. Это он всегда делал с огромным удовольствием, это было «нервом» его научной жизни.

Встречное развитие наук о биосфере происходило в несколько этапов и охватило несколько поколений ученых. Весьма существенно, что оно проявилось как встречное движение двух типов первоклассных научных школ, сформировавшихся в конце XIX века в России – университетской и прикладной науки.

Университетская наука (Петербургский, Московский, Киевский, Казанский и другие университеты) поддерживала теснейшие научные контакты с крупнейшими учебно-научными учреждениями прикладного характера (Лесной и Горный институты, Военно-медицинская и Петровская сельскохозяйственная академия, Политехнический институт, Институт инженеров землеустройства и т. д.). Ученые принимали самое активное участие в деятельности старейшего Вольного экономического общества, Географического и других научных обществ, часто выступавших с инициативой проведения крупнейших научных исследований и экспедиций и финансировавших их. По инициативе Вольного экономического общества было предпринято исследование черноземной зоны России. Геологическую часть экспедиционного исследования черноземной полосы возглавил В. В. Докучаев. Результаты экспедиции были обобщены им в книге «Русский чернозем», в которой и изложено учение о почве.

В. В. Докучаев и Г. Ф. Морозов были первыми из поколения ученых, с которого началась систематическая разработка биосферного естествознания.

Встречное движение наук о биосфере расширилось и углубилось в следующем поколении ученых, прежде всего в лице ученика В. В. Докучаева В. И. Вернадского и ученика Г. Ф. Морозова – В. Н. Сукачева.

У них был разный старт в науке.

В. И. Вернадский начал как геолог. Под влиянием В. В. Докучаева, читавшего университетский курс по минералогии, Владимир Иванович основал генетическое направление в минералогии. От минералогии к геохимии, а затем биогеохимии и учению о биосфере – так можно было бы представить стержневую линию развития научного творчества В. И. Вернадского. Как натуралист истинно университетского образования, он интересовался всеми основными направлениями естествознания и многие из них обогатил своими трудами. Природа была для него единым целым – универсумом. Занятия геологией выработали у него геологический пространственно-временной масштаб видения научных проблем. Познание геологической жизни Земли стало путеводной звездой его научного творчества.

У В. Н. Сукачева отправной точкой научного творчества оказались проблемы геоботаники. Занимаясь ими, он столкнулся с необходимостью «выяснения отношений» геоботаники с биологи-

ей, геологией и физической географией, которые изучали смежные и пересекающиеся проблемы. В ходе обсуждения этих проблем постепенно выкристаллизовалось понятие биогеоценоза. Впервые идеи, составившие основу учения о биогеоценозах, были высказаны Владимиром Николаевичем в книге «Введение в учение о растительных сообществах» в 1915 году, а в зрелой теоретической форме – в статье «Развитие растительности как элемента географической среды в соотношении с развитием общества» в 1940 году. В ней дается представление о сложных природных комплексах, которые в то время он обозначил понятием «геоценоз». В статье «Основы теории биогеоценологии» (1947) он дал уже теоретическое обоснование понятия биогеоценоза, а развернутое представление о биогеоценозах как материально-энергетических природных системах изложено в книге «Основы лесной биогеоценологии», опубликованной в 1964 году.

Первое знакомство В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева на научной почве состоялось в 1906 году, когда В. Н. Сукачев в числе большой группы исследователей работал в минералогическом отделении Геологического музея имени Петра Великого под руководством В. И. Вернадского. В 1916 году В. Н. Сукачев входил в Комиссию по естественным производительным силам (КЕПС), созданную В. И. Вернадским и им руководимую. В середине 20-х годов В. И. Вернадский привлек к сбору и обработке материалов, относящихся к начатым им в стране биогеохимическим исследованиям, различные учреждения. От Лесного института в этой работе участвовал В. Н. Сукачев.

Таким образом, уже в самом начале научной деятельности В. Н. Сукачев получил возможность ознакомиться с идеями В. И. Вернадского. В то же время последний, приступив к разработке понятия живого вещества, внимательно изучил материал, накопленный в области биоценологии. От отметил, что биоценоз «совпадает со сгущениями или разрежениями живого вещества». Вводя понятие однородного живого вещества, он писал: «Мы будем называть однородным живым веществом только совокупность организмов одного и того же вида (видовое однородное живое вещество). Все более крупные совокупности являются разнородными живыми веществами. Все сгущения и разрежения живого вещества, все растительные формации и сообщества и биоценозы представляют такого рода разнородные живые вещества»[1].

Так поколениями, через сотрудничество различных научных школ шел встречный ток биосферных идей.

Этот встречный ток выводил естественнонаучную мысль на новую стратегическую линию развития – биосферное естествознание. Это стало ясно Н. В. Тимофееву-Ресовскому, когда во

---

[1] *Вернадский В. И.* Живое вещество. М., 1978. С. 226.

второй половине нашего века резко и сугубо практически зазвучала главная тема учения о биосфере – геологическая, то есть общепланетарная в пространственном и временном масштабе, судьба живого вещества. С обострением экологических, продовольственных, ресурсно-сырьевых, демографических и других проблем, напрямую связанных с живым веществом планеты, теоретические вопросы, изучаемые в науках о биосфере, приобрели ярко выраженный общебиосферный практический характер.

Во встречном токе биосферных идей В. Н. Сукачева и Н. В. Тимофеева-Ресовского протекал завершающий этап формирования биосферного класса наук и биосферного естествознания.

Николай Владимирович проник в душу биогеоценологии, а когда познакомился с ее создателем Владимиром Николаевичем Сукачевым, то почувствовал такое большое кровное, родное воздействие этого обаятельного и мудрого человека, что тут же стал его горячим сторонником и верным продолжателем. Личность В. Н. Сукачева так же сильно повлияла на Николая Владимировича, как сам он повлиял на души многих будущих своих учеников.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

Наблюдать вместе Владимира Николаевича Сукачева и Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского было истинным наслаждением. Чистота помыслов, человеческая мудрость, огромное научно-творческое напряжение, никакой бытовщины и взаимное уважение – все это составило сущность их общения. Вечно бурный Тимофеев-Ресовский становился раздумчивым и спокойным – обаяние и доброта Сукачева были неотразимы и успокоительны. Обсуждались в основном проблемы (а не судьбы) генетики и биоценологии, связь генетики популяций и микроэволюции с биогеоценологией, вопросы возрождения докучаевского генетического почвоведения и т. д.

Вспоминается эпизод, характеризующий взаимоотношения Н. В. Тимофеева-Ресовского и В. Н. Сукачева. В глухом лесу мы с Николаем Владимировичем избрали площадки в 1м^2 и полили их из лейки раствором радиоизотопов, чтобы проследить, как они распределяются между почвой и растениями. А поскольку в определении растений я был не силен, то предложил называть их по виду: «жирный злак», «тощий злак» и т. д. Николай Владимирович хохотал, но не ругался. У него было свое на уме. Когда же мы окончили опыт, он сказал, что статью надо непременно сдать в «Доклады АН СССР», а для этого предварительно послать академику Сукачеву. Тут я перепугался своей глупости, но он сказал : «Иди, Тюрюканыч, и собери гербарий этих своих жирных и тощих трав, пошлем его Владимиру Николаевичу». И статья вышла. Вместо глупостей новоявленного Линнея в статье, представленной Сукачевым в журнал, была добросовестная латынь да плюс в

письме извинительные скромные слова академика о своем труде над нашим опусом.

Оба они были исключительно вежливы и даже галантны. Боже, сколько натерпишься угрызений, когда они обязательно будут при прощании подавать пальто любому гостю. Сейчас одни от этого отвыкли, другие не привыкли, а третьи и не ведают этого.

Когда думаешь о таких замечательных людях, об их благородстве, которое они пронесли через времена гитлеризма, сталинизма и лысенковщины, невольно вспоминаешь о пигмеях, подавших голос против Н. В. Тимофеева-Ресовского. Им не стыдно лгать об опытах на людях и многом другом. История расскажет об их именах и деяниях.

Нет среди нас ни Владимира Николаевича, ни Николая Владимировича – этих двух маяков русской интеллигенции. Но в нашей памяти они остаются не только великими учеными, но и в высочайшей степени добропорядочными людьми везде, всегда, на все времена.

Живой след научно-творческого общения Владимира Николаевича и Николая Владимировича сохранился в переписке между ними. Переписка не была обширной и носила деловой характер. Часть писем Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву была не так давно опубликована по случаю 90-летнего юбилея со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского в журнале «Природа» (1990. № 9).

Прежде всего хотелось бы привести письмо Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву, в котором Николай Владимирович пишет о том, какое глубокое, подчас решающее, воздействие на него оказывал Владимир Николаевич Сукачев на протяжении всей его научной деятельности:

(Обнинск. 19.X1.64) «Дорогой Владимир Николаевич!

Огромное, сердечное спасибо Вам за поздравление[1] *, а главное, за все Ваши заботы о моих делах и огромную помощь, оказанную Вами. Я говорил Вам, что Ваша первая книжка о растительных сообществах, еще в дореволюционные времена, окончательно повернула меня на путь профессионального биолога; пятнадцать – двадцать лет тому назад я (совершенно логично, в результате своих генетико-эволюционных занятий) стал непосредственным Вашим учеником – биогеоценологом, посильно развивая the experimental branch of biocenology; а теперь, спустя полвека после первого данного мне толчка, Вы опять помогли мне! Сердечное Вам спасибо от нас с Еленой Александровной (Тимофеевой-Ресовской)! Меня, ко-*

---

[1] В. Н. Сукачев поздравил Н. В. Тимофеева-Ресовского с присуждением ученой степени доктора биологических наук. На официальное решение этого вопроса понадобилось 10 лет! *(Прим. авт.)*

нечно, особенно радует не то, что закончилось мое почти 10 лет тянувшееся дело, а то, что, по-видимому, закончилась «боевая фаза» антинаучной псевдобиологии. А ведь и в этой долгой борьбе за свободу биологических исследований из биологов – Вы главный боец, а остальные – математики, физики и химики. Вы приняли на себя и все серьезные удары мракобесов. Будем надеяться, что мракобесие действительно кончилось! Но начинается особенно ответственная фаза в развитии нашей биологии: надо учить и переучивать молодежь, возрождать ряд почти вымерших биологических дисциплин, зачинать новые и, главное, оживлять классическую описательную биологию, внося в нее современные теоретико-эволюционные точки зрения. И теперь за все это мы будем целиком ответственны перед будущим: сваливать вину в неудачах будет не на кого.

Еще раз огромное Вам спасибо не только от меня и за меня, а от всех выживших представителей настоящей биологии за твердую, последовательную и эффективную ее защиту!

Надеемся скоро навестить Вас. С сердечными приветами Вам и всему Вашему семейству от нас с Еленой Александровной.

Ваш любящий и благодарный

Н. Тимофеев».

Высочайшая оценка личности Владимира Николаевича Сукачева – как ученого и гражданина! Н. В. Тимофеев-Ресовский с радостью принимает поздравление по случаю присуждения докторской степени, потому что в личном успехе видел прежде всего успех общего дела. И сразу в письме – разговор об ответственности ученого за судьбу отечественной науки.

Стержневая линия переписки Н. В. Тимофеева-Ресовского и В. Н. Сукачева – обсуждение проблем, теоретических и практических, встающих на пути развития новой научной дисциплины – радиационной биогеоценологии.

...Из письма Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву:

(Миассово. 2.IX.58) «У нас тут в Миассово помаленьку кончается весьма многолюдный и обильный по научным результатам летний сезон. В этом году у нас поработало около 50 научных гостей и студентов из самых разнообразных городов и институтов. Около лаборатории, на высоком берегу озера, раскинулся целый палаточный городок, так как в наших жилых домиках для всех мест не хватает. Вчера приехал Иван Иванович Судницын из Вашего института: мы с ним договариваемся о совместных опытах в будущем сезоне (применение метода меченых атомов для изучения обмена между корневой системой и почвой через почвенную влагу). Я надеюсь, что на будущий сезон Вы разрешите ему приехать к нам месяца на три.

Вчера я закончил чтение для научной молодежи небольшого цикла из семи 2-часовых докладов, посвященных «Общему учению о биосфере в духе В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева»; мы все очень жа-

леем, что не было Вас и мы не могли услышать из первых рук краткое изложение основных проблем общей биогеоценологии. В последнем докладе я закончил вопросом о связи общего учения о биосфере и биогеоценологии с проблемами рационального изучения и использования естественных производительных сил Земли и охраны природы, стараясь внушить необходимость для всех нас постоянно и всеми доступными средствами бороться против безобразного отношения к природе, в особенности к живой природе, и постепенного превращения нашей страны в пустыню».

Закладывая основы новой науки – радиационной биогеоценологии, которую Николай Владимирович рассматривал как органичную составную часть общей биогеоценологии, он замышляет проведение целой серии экспериментальных работ «во всех основных почвенно-климатических зонах» и обращается к В. Н. Сукачеву за советом и с просьбой о содействии.

Из письма Н. В. Тимофеева-Ресовского к В. Н. Сукачеву:

(Миассово, 28.1X.60) «У нас тут возникли новые экспериментально-биогеоценологические планы, в связи с чем обращаюсь к Вам с большой просьбой. Мы хотим <...> заложить площадки (около одного квадратного метра) с кобальтом, цинком, стронцием, цезием и церием во всех основных почвенно-климатических зонах, от тундры до юга Средней Азии. <...> Но мы не знаем пока подходящих мест на типичном подзоле и в лесостепи; в этом мы хотели бы попросить совета и помощи. В отношении лесостепи, мне кажется, очень подходящим было бы Теллермановское лесничество[1] , если бы Вы разрешили нам заложить там где-нибудь «на задворках» несколько маленьких площадок. По-видимому, у Вас там найдется местечко с серыми лесными почвами и травянистым покровом, типичным для лесного участка лесостепной зоны. В отношении подзола нам приходит в голову лишь Лисинское лесничество Ленинградской области, но мы там никого не знаем и не имеем никаких других «связей» с подзолом. Может быть, Вы могли бы помочь нам, как в отношении Теллермановского лесничества, так и по части установления связи с Лисинским лесничеством или каким- либо другим подходящим местом на типичном подзоле <...>

Бояться каких-либо загрязнений не следует, т. е. вноситься будут совершенно ничтожные «индикаторные» количества радиоизотопов... Очень буду благодарен Вам, дорогой Владимир Николаевич, за любой совет и содействие».

Вот живой документ, как в 1960 году Н. В. Тимофеев-Ресовский договаривался, подключал самые авторитетные научные силы к исследованию миграции и концентрации радиоизотопов в биосфере. По переписке можно судить о том, что В. Н. Сукачев по-

---

[1] Расположено в Воронежской области.

стоянно был в курсе исследований Н. В. Тимофеева-Ресовского и неизменно поддерживал их.

Можно лишь сожалеть, что в посвященной памяти В. Н. Сукачева книге «Владимир Николаевич Сукачев. Очерки, воспоминания современников», изданной в 1986 году, спустя 20 лет после смерти Владимира Николаевича, даже не упомянуто о его творческом содружестве с Н. В. Тимофеевым-Ресовским.

Н. В. Тимофеев-Ресовский ввел в биогеоценологию ряд новых идей, которые он обсуждал с В. Н. Сукачевым. Так, в конце 50-х годов возник вопрос о жизнеобеспечении людей в космических полетах. Н. В. Тимофеев-Ресовский подошел к этому вопросу как биогеоценолог, и вот что он писал В. Н. Сукачеву:

...(Москва, 7. VI. 60) «Сегодня, в день Вашего восьмидесятилетия, в докладе, прочитанном мною в научно-исследовательском испытательном институте авиационной и космической медицины (в 10 отделе), я позволил себе, изложив теоретические основы Вашего учения о биогеоценозах, предложить новое, но естественно вытекающее из Вашей биогеоценологии понятие «искусственного замкнутого биогеоценоза в Космосе». Это та естественно вытекающая из Вашего учения о биогеоценозах форма сообщества, которую мы должны создавать сейчас (с включением аутотрофных организмов, создающих необходимый кислородный режим) для осуществления в ближайшем будущем длительных полетов человека в космосе; в этих замкнутых сообществах будущего будут участвовать специально отселекцио- нированные гармоничные биоценозы из форм, полученных методами радиационной селекции и экспериментальной биогеоценологии.

Еще раз сердечно поздравляю Вас и желаю Вам прежних неизменных здоровья и бодрости.

Ваш Тимофеев».

Сейчас мы можем сказать, что именно в этом – биогеоценологическом, указанном Н. В. Тимофеевым-Ресовским,– направлении создаются международные исследовательские программы по обживанию и расселению людей в Космосе. Одним из новейших примеров является программа «Биосфера-2». Отечественной науке в лице Н. В. Тимофеева-Ресовского принадлежит приоритет в этой области исследований. «Центральной проблемой биогеоценологии» Н. В. Тимофеев-Ресовский называл автоматическое поддержание биогеоценотического равновесия. Данной проблеме Н. В. Тимофеев-Ресовский всегда придавал большое значение, поскольку одной из основных задач биогеоценологии считал изучение круговорота вещества и энергии в биогеоценозах. «Биогеоценоз, – писал он в статье «О некоторых принципах классификации биохорологических единиц», – в каждый данный момент находится в состоянии подвижного динамического равновесия составляющих компонентов. Это динамическое равновесие сдвига-

ется или нарушается при изменениях состава сообщества или биотических и абиотических условий... Долговременные и векторизованные изменения состава сообщества или физико-географических условий лежат в основе эволюции биогеоценозов, направляемой естественным отбором по путям адаптаций, дифференцировок или упрощений». Таким образом, проблема биогеоценотического равновесия – проблема эволюционная, связанная как с процессом развития каждого отдельно взятого биогеоценоза, так и с процессом эволюции всего биогеоценотического покрова Земли в целом.

Вместе с тем это проблема выхода биогеоценозов на стабильный режим деятельности и поддержания этого режима. Проблема равновесия связывает в один узел вопрос о стабилизации биогеоценозов в их эволюционном развитии.

Более того, проблема биогеоценотического равновесия приобретает совершенно исключительный характер, когда встает вопрос об антропогенном воздействии на биосферу. В 1970 году Н. В. Тимофеев-Ресовский в статье «Радиационная биогеоценология» заметил, что «существенным разделом общей биогеоценологии, возникшим в связи с переходом биосферы в стадию ноосферы, является изучение антропогенных факторов, воздействующих на биогеоценозы и биогеоценотические процессы».

Резкое и значительное, к сожалению, чаще всего с отрицательным знаком, воздействие человека на биогеоценозы, а также возникновение новых природных взаимосвязей в результате человеческой деятельности требует, подчеркивал Н. В. Тимофеев-Ресовский, особо тщательного и всестороннего изучения проблемы равновесия в природных системах. Это, считал он, становится одной из самых главных задач современной науки.

Приводимое ниже письмо Н. В. Тимофеева-Ресовского В. Н. Сукачеву показывает, как настойчиво Николай Владимирович искал пути решения этой задачи.

(Миассово. 8. VII .63) «Дорогой Владимир Николаевич!

Пишу Вам по следующему поводу. Мы (небольшая группа сотрудников нашей лаборатории) совместно с Игорем Андреевичем Полетаевым (известным математиком и кибернетиком, занимающимся сейчас интенсивно кибернетической формализацией и созданием машинных моделей ряда экономических процессов и производств) занялись попыткой формализации (то есть точной характеристикой всех входящих и выходящих компонентов, взаимодействий между ними и условий) биогеоценоза. Мы ставим себе конечной задачей для двух биогеоценозов, одного наземного, лесного (например, сосняка-черничника, исследовавшегося А. А. Молчановым) и одного пресноводного (небольшой пруд), разработать не только формальную схему, но и наполнить ее количественным содержанием, дав хотя бы приближенные цифры для всех компонентов, взаимосвязей, условий, входов и выходов этих биогеоценозов.

Даже сильно схематизированное и упрощенное, приближенное решение такой задачи позволит создать программы для машинных моделей и очень быстрого решения целого ряда специальных задач <...> Нам кажется, что даже весьма неточное и схематизированное построение таких машинных моделей может резко ускорить теоретическую разработку основных проблем биогеоценологии, в особенности центральной проблемы - автоматического поддержания биогеоценотического равновесия; в дальнейшем же позволит решить некоторые практические проблемы, связанные с характером использования угодий, управлением и перестройкой биогеоценозов, а также с созданием искусственных, в значительной степени замкнутых биогеоценозов для целей космической биологии.

Игорь Андреевич Полетаев, который уже в течение ряда лет связан с нами в области некоторых теоретических проблем, касающихся эволюционных и популяционных процессов, и в то же время имеет за последние годы большой опыт в программировании промышленно-экономических процессов, в самой общей форме в ряде отношений сходных по формальной структуре с биогеоценозами, считает эту нашу совместную затею не только не безнадежной, но весьма интересной и многообещающей (как для развития теоретической биогеоценологии, так и для общих кибернетических проблем)...

Первым этапом нашей работы должна явиться формально-кибернетическая модель биогеоценоза, которую мы хотели бы оформить в виде своего рода программы биогеоценотических исследований. Как только мы дойдем до какой-то разумной формы этого первого этапа, я, конечно, пришлю Вам его на критический отзыв с Вашей стороны. Надеюсь, что нам удастся вчерне закончить этот первый этап к осени...»

Это письмо - небольшой трактат, намечающий новое перспективное направление биогеоценологии.

Н. В. Тимофеев-Ресовский был первым и единственным, во всей полноте охватившим многоплановость и многоуровневость встречного движения биосферных наук, принадлежавших различным научным школам и развивавшихся как самостоятельные области биосферной проблематики. Эти науки часто приходили к обобщениям, на первый взгляд противоречащим друг другу, а на самом деле выражавшим различные аспекты и моменты функционирования и развития сложных биосферных систем. Во всей мозаичной и динамичной картине биосферных идей он смог увидеть внутреннее единство. Это единство нашло выражение в сформулированном им принципе уровневой организованности жизни и в принципе биохорологических единиц структурной организованности биосферы.

ОРГАНИЗОВАННОСТЬ БИОСФЕРЫ

Концепция уровней организации жизни

Природа – единственная книга, каждая страница которой полна глубокого содержания.

И. В. Гете

В конце 50 – начале 60-х годов Н. В. Тимофеев-Ресовский приходит к мощному теоретическому обобщению – концепции уровней организации Жизни. Она была итогом всего наработанного и продуманного за долгую жизнь в науке.

Эта концепция стала теоретической «начинкой» докторской диссертации Николая Владимировича. К защите он представил научный доклад только в 1962 году. До этого много лет ему твердили, что он давно и безусловно доктор биологии, доктор генетики, доктор биофизики. Ему говорили, что он непременно должен быть действительным членом Академии наук СССР. За него ходатайствовали крупные ученые – П. Л. Капица, В. Н. Сукачев, Л. А. Зенкевич. Но все это по разным причинам повисло в воздухе. Никаких официальных бумаг ни о высшем образовании, ни тем более об ученых степенях у него не было. Он по-прежнему оставался безэполетным всемирно известным русским ученым Тимофеевым-Ресовским.

Научный доклад, представленный им на защиту, был издан в Свердловске отдельной брошюрой под названием «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии». В письме В. Н. Сукачеву от 5 октября 1962 года Николай Владимирович сообщал: *«Я боюсь, что «доклад» мой, из-за спешки и необходимой краткости, получился не очень убедительным и слишком «теоретическим», но ведь довольно обширный фактический материал содержится примерно в 30 моих работах (частично с соавторами), 20 работах моих сотрудников и 4 кандидатских диссертациях моих учеников; кроме того, готовится еще 4 кандидатских диссертации с большим фактическим материалом. Поэтому я считал главной задачей этого доклада – не столько краткое изложение фактического материала, сколько (тоже весьма краткое) изложение ряда теоретических положений и связей биогеоценологии с большими современными проблемами и намечающимися новыми методами исследования».* А в следующем письме В. Н. Сукачеву от 16 октября того же года он писал: *«Мне очень хотелось бы знать Ваше*

мнение о моем «докладе», т. к., если будет время, мне хочется на тему этого доклада и примерно по этому плану написать небольшую книжку со включением основного фактического матерьяла и более подробным обоснованием теоретических положений».

Первоначально защита диссертации была назначена на 4 января 1963 года. Но за две недели до защиты Николай Владимирович получил известие, что Евгений Михайлович Лавренко, назначенный одним из оппонентов, заболел и не сможет приехать на защиту. Это огорчило Николая Владимировича, и он письмом извещает В. Н. Сукачева о болезни Е. М. Лавренко и добавляет, что будет рад, если В. Н. Сукачев сможет прислать коротенький отзыв.

Однако Е. М. Лавренко свой отзыв не прислал. Снова возник вопрос об оппонентах, защита была отложена. Николай Владимирович в письме от 5 декабря 1963 года попросил В. Н. Сукачева быть его официальным оппонентом. *«Длинной рецензии писать Вам не надо,* – замечал он, – *приезжать тоже не надо, а мне было бы чрезвычайно приятно, если бы Вы числились моим оппонентом. Это соответствовало бы и развитию научной традиции: я ведь в своих работах старался следовать Вашим и Владимира Ивановича Вернадского традициям».*

В конце концов через год защита состоялась и прошла успешно. Официальными оппонентами были Лев Александрович Зенкевич, Павел Леонидович Горчаковский и Виктор Николаевич Петри.

История утверждения ВАКом Н. В. Тимофеева-Ресовского в звании доктора наук весьма драматична.

Высшая аттестационная комиссия (ВАК) в то время представляла собой научно-политическое учреждение, определявшее скорее «кому», а не «за что» присуждать ученые степени и звания. Призванная решать судьбу ученого сообщества страны, она довела число кандидатов наук за полмиллиона, а докторов наук – за 120 тысяч.

Послевоенный диссертационный бум привел к тому, что в ходу стала поговорка «ученым можешь ты не быть, а кандидатом быть обязан». Произошло явное засорение науки недоучками и совершенно посторонними людьми, «На каждого умного по дураку – все поровну, все справедливо» – это из песни Б. Окуджавы начала 60-х годов. К началу же 80-х и это зыбкое равновесие было нарушено – в науку торжественно вошла номенклатурная рать.

Работа ваковского механизма хорошо всем известна. Анкеты, характеристики, «черные оппоненты», время, отведенное для поступления доносов, а потом – научное содержание работы.

Пока дело находилось в ВАКе, Николай Владимирович переехал в Обнинск. Заведуя огромным отделом радиобиологии и генетики в научном институте, он, как неостепененный, получал всего 140 рублей, тогда как зарплата младшего научного сотрудника – кандидата наук – составляла 175 рублей. Николай Владимирович не подавал вида, но все ощущали эту несправедливость. Как всегда, мило и наивно возмущалась мудрая Елена Александровна.

В ВАКе за Николая Владимировича хлопотали многие люди, но воз не двигался с места. Однажды Елена Александровна до того возмутилась, что заявила: «Завтра я еду в Москву, в ВАК, сама, прямо к Столетову» (председателю ВАКа).

До Всеволода Николаевича Столетова она не дошла, так как в тот день снимали с поста генсека Хрущева. А через два дня узнали, что в тот же день ВАК присвоил докторскую степень Николаю Владимировичу. Он по этому поводу много шутил: «Вот, в ВАКе диссертация моя лежала, лежала – все ни с места. А Лелька с Тюрюканычем поехали, Хрущева сняли и в тот же день присудили степень». Теперь эту дату, подобно солнечному затмению в «Слове о полку Игореве», легко вычислить.

Вершиной эмпирического обобщения стало введенное Н. В. Тимофеевым-Ресовским представление об уровнях в изучении явлений жизни (1962), позже (1966) уточненное им вместе с одним из авторов этой книги А. Н. Тюрюкановым как представление об уровнях организации и, следовательно, уровнях изучения явлений жизни.

В работе 1962 года Николай Владимирович говорил об «уровнях *в изучении* явлений жизни». Он выделял четыре основных уровня: 1) *генотипический,* охватывающий внутриклеточные управляющие системы. Эти системы осуществляют репродукцию организмов, передачу генетической информации и определяют наследственную изменчивость; 2) *онтогенетический,* осуществляющий упорядоченное во времени и пространстве развитие особи и протекание ее жизненных функций; 3) *эволюционный,* определяющий исторический процесс изменения форм организмов, который приводит к «филогенетической системе форм», и 4) *биохорологический,* включающий определенные сообщества разных видов, взаимодействие между которыми и косными компонентами среды приводит к грандиозному биогеохимическому круговороту энергии и вещества в биосфере. Здесь же дан анализ теоретических разработок на каждом из выделяемых им уровней.

Он отмечал, что наибольшая ясность в определении основных понятий, а также в выявлении элементарных структур и явлений достигнута на генетическом уровне. Поэтому современная генетика – самая точная биологическая дисциплина, в которой успешное развитие теории тесно увязано с экспериментами. Наименее всего теоретическая работа продвинута в изучении онтогенетического уровня, еще не создана общая теория онтогенеза и не показаны основные причины и факторы, определяющие строгую упорядоченность, прогрессивную дифференцировку и явления регуляции и реституции в онтогенетическом развитии.

Развитие экспериментальной и теоретической генетики позволило, подчеркнул Н. В. Тимофеев-Ресовский, приступить к достаточно строгому и точному изучению наиболее важных начальных этапов эволюционного процесса, выявлению элементарных эво-

люционных явлений и факторов, их определяющих. Стала быстро развиваться экспериментальная эволюционная генетика и математический анализ популяционно-генетических процессов. Это привело к появлению учения о микроэволюции как дисциплины, изучающей точными генетическими и математическими методами начальные этапы и «пусковые механизмы» эволюционного процесса вплоть до видообразования.

В этой работе им впервые выделен биогеоценотический уровень, который, нацеливая на выделение элементарных биохорологических структур биосферы, оказывается посредником между биосферой как единой целостной планетарной оболочкой, формирующейся деятельностью живого вещества,– с одной стороны, и остальными уровнями изучения жизни – с другой. Позже, рассматривая понятие элементарных биохорологических единиц, в статье «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии» Николай Владимирович пишет о том, что это понятие «должно учитываться при дальнейшем изучении микроэволюционных процессов, в которых, как на то уже давно указывал В. И. Вернадский, должна учитываться как геохимическая среда, так и эволюция биогеохимической деятельности организмов. Таким образом, он приходит к важнейшему выводу о взаимосвязи между различными уровнями: биохорологический уровень теоретически связан с эволюционным, а через него и с генетическим уровнем».

Отсюда Николай Владимирович делает следующий вывод: объединение в одну систему популяционно-генетических и биогеоценотических исследований позволило бы с точными критериями подойти к изучению микроэволюционных связей популяции с условиями не только физико-географической среды, но и со всем комплексом биотических и геохимических компонент биогеоценозов.

Такова в общих чертах замечательно стройная обобщающая концепция уровней жизни Н. В. Тимофеева-Ресовского. Она не была для нас неожиданной – все мы знали о большой склонности и способности Николая Владимировича к крупному научному синтезу.

Неожиданным стало то, что вскоре, примерно спустя полтора года после публикации и рассылки оппонентам представленного на защиту Николаем Владимировичем научного доклада, в котором была изложена его концепция уровней, в «Ботаническом журнале» появилась статья Е. М. Лавренко примерно с теми же «уровневыми» идеями.

Правда, у Е. М. Лавренко было небольшое отличие в формулировке исходного тезиса. Н. В. Тимофеев-Ресовский считал, что понятие уровней организации жизни только способствует более строгому описанию и классификации наших знаний о различных жизненных явлениях и выяснению их места в общей структуре знаний, охватывающих всю природу в целом, и ничего более. В

этом смысле он считал концепцию уровней жизни всего-навсего ценным и эффективным методологическим приемом в биологии.

Е. М. Лавренко же придерживался другого (на наш взгляд, более правильного) мнения о статусе «уровневой» концепции жизни. Он считал, что уровни существуют объективно и составляют реальную основу жизненных явлений. По его мнению, концепция уровней эффективна, поскольку отражает эту реальность, а не потому только, что является удобным для нас приемом компоновки наших знаний о жизни, когда мы стремимся охватить их во взаимосвязанной целостности.

Еще до выхода статьи Е. М. Лавренко я, А. Н. Тюрюканов, обращал внимание Н. В. Тимофеева-Ресовского на то, что вводимая им категория уровней удачно выражает характер структурных взаимосвязей в живой природе и в силу этого оказывается удобной для научной работы. Поэтому было бы неверно расценивать концепцию уровней как только «методологический прием», отбрасывая стоящее за ней объективное содержание.

Николай Владимирович решительно отказывался принять подобные суждения и лишь после выхода статьи Е. М. Лавренко стал склоняться к признанию объективной природы уровневой организации жизни. Это отразилось в его совместной с А. Н. Тюрюкановым статье «Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы», опубликованной в Бюллетене МОИП в 1966 году. Так, Николай Владимирович показал способность учитывать критические замечания, хотя и не без определенного упрямства и «ора».

По-видимому, в глубине души Николая Владимировича все-таки продолжало жить представление о науке лишь как о способе упорядочивания знания. Он различал науку и знание. По его мнению, не следует думать, что задача науки состоит в познании сущности явлений. И этого не следует от нее требовать. Такое его суждение отчетливо прозвучало в 1-й части кинотрилогии о Н. В. Тимофееве-Ресовском «Рядом с Зубром» режиссера Елены Саканян.

Было бы некорректно оценивать это суждение Николая Владимировича, не учитывая те мотивы, под влиянием которых сложилось у него именно такое толкование науки. Он эти мотивы специально не анализировал, по крайней мере вслух в общении с нами. Не было таких разговоров. И могло сложиться впечатление, что здесь проявляется какое-то глубоко личное его отношение к науке.

Однако было бы непредусмотрительно в данном случае сводить все к личному. Напомним, например, высказывание В. И. Вернадского о том, что наука, философия и религия составляют «три основных течения духовного творчества человечества». Следовательно, и В. И. Вернадский считал, что наука, являющаяся величайшим средством познания мира, оставляет за своими рам-

ками какие-то важнейшие стороны действительности, которые постигаются философским размышлением и религиозным восприятием мира. К сожалению, «взрыв научного творчества» в начале века, который с восхищением встретил В. И. Вернадский, сопровождался угасанием философской и религиозной культуры мышления, которое в нашей стране приняло особо жуткие формы. Была потеряна трудно уловимая грань, соединяющая и вместе с тем разделяющая науку, философию и религию. Ощущение этой грани – обязательная принадлежность культуры.

О своем отношении к философии и к религии Николай Владимирович не распространялся. Среда, пропитанная философским догматизмом, не давала к этому повода, да и небезопасно было рассуждать на «вольные» философские темы. Зато за рубежом в 20-30-х годах он вращался в среде крупных естественников, постоянно размышлявших о соотношении науки с философией и религией. Насколько основательно и взвешенно обсуждался в то время учеными Запада этот вопрос, можно судить по работе А. Н. Уайтхеда «Приключения идей», написанной в 1933 году и опубликованной у нас совсем недавно, в 1990 году.

В этой работе А. Н. Уайтхед писал: «Задача науки заключается в формулировании простых предложений, совокупность которых могла бы выразить содержание наблюдаемых регулярностей. Только в этом, и ни в чем более... [И поэтому] первейшим правилом научной методологии является требование формулировать наблюдаемые соотношения наблюдаемых фактов...»[1].

Этот пласт размышлений о природе и предназначении научного творчества был воспринят Н. В. Тимофеевым-Ресовским и в той или иной форме проявлялся в его научном поиске, особенно в тех случаях, когда шла речь о принципиальных методологических вопросах науки в критический момент ее развития.

Таким важным поворотным пунктом развития науки, требовавшим специального методологического анализа, стала концепция уровней организации живого (шире – структурных уровней организации материи вообще). Введение в научный оборот понятия «уровень организации» неизбежно поставило вопрос об уточнении понятия «объект научного исследования». Совершенно очевидно, что «уровень организации», хотя и имеет определенное материальное выражение в различных признаках, свойствах и закономерностях, сам по себе не является материальным объектом. Само понятие «уровень» подчеркивает, что мы здесь имеем дело с определенным типом отношения, связи между материальными объектами.

Как же выразить отношение понятий «материальный объект» и «уровень организации материи»? Уже в прошлом веке на этом вопросе споткнулась биология, в которой возникла проблема ре-

---

[1] *Уайтхед А. Н.* Избранные работы по философии. М., 1990. С. 513-514.

альности вида, т. е. видового уровня организации жизни. Непосредственно очевидно существование отдельных особей, индивидов (например, лошадей), но не существует ««лошади вообще», хотя несомненно можно выделить целый ряд признаков, по которым все лошади могут быть объединены в определенную группу, отделяющую их от всех других групп животных. Вопрос о реальности вида в методологическом плане «завис в воздухе», и приемлемое его решение не найдено до сих пор.

В нашем веке понятие «уровень организации» оказалось неизмеримо сложнее: сформировались науки, исходной точкой развития которых стал вопрос о соотношении уровней организации. Так, например, биохимия, биогеохимия, биофизика, геохимия (и другие так называемые пограничные науки) изначально ставят перед собой задачу исследования явлений «на стыке» различных структурных уровней организации материи. То же самое наблюдается в общенаучных дисциплинах, изучающих процессы управления и регуляции на различных уровнях организации.

Еще в начале века в «Основах тектологии» А. А. Богданова прозвучали системные идеи, а во второй половине века они быстро и широким фронтом ворвались в науку. Большую роль в этом сыграла общая теория систем Л. фон Берталанфи и появление в различных областях научного знания работ, насыщенных системными идеями, как, например, книга К. М. Завадского «Вид и видообразование».

Н. В. Тимофеев-Ресовский выступил с идеей уровней организации жизни, когда появилась уверенность, что кибернетическое и математическое моделирование способно существенно продвинуть понимание структурной организованности Жизни.

Идея уровней так быстро захватила умы ученых, что в работах многих авторов одновременно последовало «открытие» большого числа новых уровней – физиолого-биологического, экологического и т. п. порядков, в зависимости от профессионального интереса того или иного ученого. Николай Владимирович был против такого произвольного изобретательства уровней. Он говорил: «Они изобретают уровни, а я через них прошел всей своей научной жизнью».

Подход к методологии науки у Николая Владимировича был многоплановым, но все же, несомненно, стержневым методологическим принципом была идея генезиса, естественноисторического анализа всего многообразия проявления Жизни как уникального и целостного явления нашей планеты. Главное, что сделал Николай Владимирович, заключалось в наполнении понятия «уровень организации» биосферным содержанием через введение категории жизни. Это составляет исключительно его личную заслугу.

Наиболее ярко в трактовке Николая Владимировича учения об уровнях жизни выступает биогеоценотический уровень. Выделение его в качестве особого уровня организации жизни позволило

сомкнуть общебиологические концепции с общим учением о биосфере и биогеоценозах. В теоретическом плане это был очень крупный шаг вперед, который существенно расширил – с учетом новых научных направлений – представление о живых системах как организаторах биосферных процессов.

Биогеоценотический уровень организации и, следовательно, изучения жизни оказался тем узлом, где осуществляется научный синтез генетических, онтогенетических и эволюционных концепций, которые разрабатывались в биологии параллельно и зачастую вне связи друг с другом. Биогеоценотический уровень познания жизни, таким образом, выводит нас к предельно общим биологическим концепциям и тем самым ставит границу чисто биологическому мышлению.

Концепция уровней Жизни – последняя фаза развития Н. В. Тимофеева-Ресовского как *биолога,* охватившего летопись Жизни. Это был блестящий итог его научного творчества. «Кончился» биолог-исследователь, началось подведение возрастных итогов. Началась фаза мудрости *натуралиста,* фаза *биосферного мышления.* Его мысль выходит на новый простор свободного движения, а судьба в это время начинает снимать с него оковы жесткого полицейского надзора лагерей, тюрем и «шарашек».

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Уровни организации жизни на земле и среда протекания эволюционных процессов

Глава из книги[1]

Эволюция представляет собою грандиозный процесс постоянного, в известной степени направленного изменения дискретных форм организмов на Земле, сопровождающийся адаптациями, онтогенетическими и филогенетическими дифференцировками и эволюционным прогрессом. Эволюционный процесс через пусковые механизмы, интегрирующие деятельность элементарных структур, явлений, материала, факторов эволюции неизбежно приводит к формообразованию, которое на уровне видообразования приобретает качественно новую характеристику в силу прекращения нивелировок достигнутых различий и усложнения дальнейшего протекания эволюционного процесса с появлением новых векторов отбора, связанных с возникновением межвидовых

---

[1] *Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1969. Глава приводится с небольшими сокращениями.

отношений. Ясно, что среда протекания процесса эволюции в результате непрерывно усложняется. На фоне этого беспрерывного и неограниченного усложнения среды протекания эволюционного процесса вырабатываются все более сложные и комплексные адаптации, происходят все более глубокие эволюционные дифференцировки. Вся организация живого естественнонаучно может быть трактована как результат протекания эволюционного процесса. При этом нужно специально рассмотреть вопрос об уровнях организации живого на Земле как одного из важнейших результатов эволюции. Необходимо выделить два основных подхода: во-первых, необходимо рассмотреть живое само по себе, феноменологически попытаться выделить определенные ступени или уровни организации жизни; во-вторых, неизбежно рассмотрение живого как важнейшего элемента в среде протекания процесса эволюции.

а) Уровни организации жизни на земле

С феноменологической и функциональной точек зрения все многообразие живого на нашей планете может быть при современном состоянии наших эволюционных знаний подразделено на четыре главных уровня: молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой (собственно эволюционный) и биогеоценотический, или биосферный. На молекулярно-генетическом уровне осуществляется в конце концов любая конвариантная редупликация, лежащая в основе всего эволюционного процесса, и поэтому с полным правом можно считать этот уровень элементарной основой эволюции. На онтогенетическом уровне происходит реализация генетической информации одновременно с приведением этой информации в соответствие с требованиями элементарных эволюционных факторов и (прежде всего) естественного отбора, именно через фенотипы оказывающего свое направляюще влияние на весь процесс эволюции. На популяционно-видовом уровне изменения, происходящие на двух первых уровнях, могут «выходить» на уровень эволюционно-значимых преобразований (возникновение элементарных эволюционных и адаптивных явлений, работа пусковых механизмов процесса эволюции, завершающихся на определенном качественном этапе видообразованием и продолжающихся непрерывно дальше, ведя к филогенетическим и онтогенетическим дифференцировкам, возникновению адаптаций и прогрессу живого). На последнем, биогеоценотическом или биосферном уровне протекает сложнейшее взаимоприспособление различных групп и видов друг к другу (формирование биогеоценотических равновесий).

Можно видеть, что действующие единицы на каждом из уровней совершенно различны; различны соответственно и взаимодействующие силы. Вместе с тем ясно, что любой уровень тесно свя-

зан с соседними, определяясь ими и определяя в свою очередь протекание процессов в них. Рассмотрим более подробно каждый из выделенных уровней.

1. Молекулярно-генетический уровень

На молекулярно-генетическом уровне основные внутриклеточные управляющие системы (хромосомы и некоторые другие органеллы и биологически активные макромолекулы) осуществляют ауторепродукцию клеток и организмов и передают наследственную информацию от поколения к поколению. На этом же уровне через изменение структурных элементов (мутации) определяется элементарная наследственная изменчивость, лежащая в основе эволюционного процесса.

Любая из возможных научных гипотез возникновения жизни на Земле исходит из появления (каким образом – для настоящего рассмотрения безразлично) биологически активных и авторепродуцирующихся макромолекул. Так как любая физико-химическая структура обладает лишь конечной стабильностью, то неизбежно среди авторепродуцирующихся макромолекул появляется известное струкурное разнообразие; причем разные варианты структуры опять-таки авторепродуцируются. Поэтому мы и называем такую репродукцию конвариантной редупликацией. С появлением же конвариантной редупликации неизбежно возникает работа естественного отбора: в любых определенных условиях будут преимущественно сохраняться и распространяться конвариантно редуплицирующиеся структуры, наиболее быстрым и эффективным способом использующие все условия (как возникающие в результате структурных изменений, так и условия среды) для своей редупликации. Так, в самых общих чертах можно представить себе возникновение молекулярно-генетического уровня живого, основной характеристикой которого является конвариантная редупликация. При дальнейшей эволюции жизни на Земле этот уровень организации определяет появление всех разнообразных физико-химических более сложных структур, вплоть до возникновения всех разнообразных форм размножения, от простого деления бактерий, вирусов, фагов, сине-зеленых водорослей до возникновения митоза и разных форм мейоза у клеточных организмов с половым процессом. Заметим еще раз, что мутационный процесс является следствием конечной стабильности любых молекулярных структур и сохраняется благодаря конвариантной редупликации кодов наследственной информации на любых уровнях усложнения дискретных живых особей. Возникновение раздельнополости и, соответственно, полового размножения было, вероятно, другим важнейшим после возникновения редупликации эволюционным приобретением: возникающая благодаря этому возможность перекомбинации генетического материала определяет возможность

существования популяций и видов как дискретных единиц живого на более высоких уровнях организации; с другой стороны, многократно увеличивается спектр материала для действия отбора (что ведет неизбежно к увеличению возможностей самого отбора и повышению его эффективности).

Конвариантная редупликация, являясь важнейшей характеристикой молекулярно-генетического уровня жизни, объясняет относительную стабильность дискретных форм живого на Земле. Однако передающаяся посредством конвариантной редупликации генетическая информация, прежде чем появиться на эволюционной арене, должна быть как-то реализована, декодирована, расшифрована. Эта расшифровка происходит на следующем, онтогенетическом уровне.

2. Онтогенетический уровень

Онтогенез организмов совершается, по-видимому, вследствие существования саморегулирующейся иерархической системы управляющих систем, определяющей согласованную реализацию наследственных признаков и свойств и работу управляющих систем во времени и пространстве в пределах особи. <...> Онтогенетический уровень пока является наименее ясным теоретически вследствие недостаточной разработанности общей теории индивидуального развития.

Вероятно, у простейших форм жизни молекулярно-генетический уровень совпадал с онтогенетическим, поскольку все физико-химические особенности первичной биологической макромолекулы непосредственно и однозначно характеризовали ее окончательное состояние. Онтогенез в эволюции жизни на Земле появляется после «обрастания» конвариантно-редуплицирующихся молекулярно-генетических структур дополнительными молекулами, имевшими различное назначение и определявшимися свойствами основного кода наследственной информации. В дальнейшей эволюции живого процесс онтогенеза неизбежно усложнялся во всех крупных группах, <...> приводя ко все большей автономизации развития особи. Так возникает в процессе эволюции путь, ведущий от гена к признаку, от генотипа к фенотипу. Если на уровне молекулярно-генетическом единицами рассмотрения служат биологически-активные макромолекулы, то на онтогенетическом уровне такими единицами служат особи (от возникновения до прекращения существования, т. е. их онтогенез). Возникший уже на молекулярно-генетическом уровне отбор в процессе дальнейшей эволюции все более опосредованно действует на молекулярно-генетическую структуру организмов, поскольку сохранение и размножение организма в чреде поколений определяется в каждом случае конкретными действиями не генотипа, а фенотипа. Идущий по фенотипам отбор, конечно, способен, как многократно

подчеркивалось ранее, действовать на любой уровень организации живого, в том числе и на тонкие генетико-молекулярные особенности, но в любом случае это действие будет опосредовано через отбор фенотипов. Естественно, что отбор действует на любом этапе развития особи, т. е. объектом отбора является не только взрослый организм, а весь онтогенез в целом.<...> Возникновение онтогенетических дифференцировок лежит в основе всех эволюционных дифференцировок, с одной стороны, и эволюционного прогресса, с другой. Поэтому можно сказать, что на онтогенетическом уровне организации происходит не только реализация и апробация генетической информации, получаемой с молекулярно-генетического уровня, но и в конкретной материальной форме образуется большая часть эволюционных новообразований, в том числе и таких, которые определяют возникновение следующего уровня организации – популяционно-видового – посредством развития признаков и свойств, определяющих единство и дискретность вида.

Исторически сложилось такое положение, при котором в настоящее время мы, вероятно, лучше представляем процессы, протекающие на молекулярно-генетическом уровне, чем процессы, происходящие в период реализации наследственной информации в конкретный фенотип (процесс онтогенеза в широком смысле). Необходимость расширения теоретических работ в этом направлении неизбежна, так как именно на онтогенетическом уровне организации протекает отбор, происходит оценка в конкретных условиях существования биосферы качественного спектра различий, поставляемых с помощью генетических механизмов (мутаций и их комбинаций).

Эта оценка является в свою очередь решающей основой трансформации живого уже на собственно эволюционном, или популяционном, уровне.

3. Популяционный уровень

На популяционном уровне в совокупностях особей одного вида, населяющих определенный участок биосферы (популяция), в ряду поколений протекает исторический процесс изменения форм организмов, приводящий к образованию пусковых механизмов эволюции, дифференциации, возникновению адаптации, видообразованию и (в конечном итоге) к эволюционному прогрессу.

В известной нам конкретной форме организации жизни на Земле ни молекулы, ни отдельные особи не могут быть даже элементарными единицами эволюционного процесса. <...> В качестве такой элементарной единицы эволюционного процесса может рассматриваться лишь популяция. Популяция представляет далее неразложимое на составные части эволюционное единство, способное к развитию во времени и пространстве, самовоспроизведе-

нию (посредством репродукции составляющих ее отдельных особей), трансформации (посредством преимущественного размножения групп генетически различных особей) и изменению ареала.<...> Популяционный (или собственно эволюционный) уровень организации живого неразрывно связан и с молекулярно-генетическим, и с онтогенетическим уровнями, определяясь ими, но в целом составляя новое качество. Возникновение популяционного уровня оказывается связанным с принципом конвариантной редупликации и возникновением на этой основе полового размножения, определяющего, во-первых, принципиальную общность морфо-генетического строения единиц (особей), составляющих популяцию, во-вторых, возможность широкого наследственного разнообразия этих единиц, наконец, в-третьих, возможность эволюции этого «разнообразного единства» без полной нивелировки путем неограниченного скрещивания с особями других популяций и видов. На уровне внутри вида (микроэволюционном) эти нивелировки путем скрещивания между разными популяциями лишь затруднены, но не исключены, как это характерно для макроэволюционного, надвидового уровня. Однако выделение на этом основании особого макроэволюционного уровня в организации живого вряд ли оправдано, поскольку микро- и макрофилогенез, так же как и микро- и макроэволюционные процессы, тесно связаны и, вероятно, в конце концов сводимы без потери качественных различий к процессам, протекающим именно на популяционном, собственно эволюционном уровне. <...>

Популяция, хотя и является самостоятельной эволюционной единицей, способной к длительному существованию и трансформации, всегда существует в определенной среде, включающей как биотические, так и абиотические компоненты, являясь составной частью биогеоценоза. Биогеоценоз выступает при этом рассмотрении как конкретная среда протекания процесса эволюции (идущего в отдельных популяциях) и как единица следующего, более высокого уровня, который сам подвержен определенным эволюционным преобразованиям.

4. Биогеоценотический уровень

На биогеоценотическом, или биосферном, уровне организации популяции организмов разных видов образуют сообщества, которые находятся в сложных взаимоотношениях как между собой, так и с косными компонентами среды. Эти взаимодействия обусловливают грандиозный биогеохимический круговорот вещества и энергии в биосфере нашей планеты.

В биосфере Земли жизнь представлена более или менее сложными сообществами (биоценозами), населяющими определенные местообитания. Виды внутри биоценоза связаны друг с другом трофическими, химическими, эдафическими связями, с другой

стороны, организмы, входящие в биоценоз, связаны с климатом, гидрологическими условиями, почвой, химизмом среды и другими абиотическими факторами. В этих сложных комплексах живых и косных компонент первичными продуцентами органического вещества являются автотрофные организмы: растения-фотосинтетики и хемосинтезирующие бактерии. В целом биосфера, являясь сплошной непрерывной оболочкой Земли, состоит из большого числа в разной степени отличающихся друг от друга местообитаний и населяющих их биоценозов, т. е. биогеоценозов. Неоднородность биосферы в биогеохимическом отношении является результатом сложнейших вещественно-энергетических круговоротов, протекающих в ней под влиянием живого. В свою очередь, неоднородность этих круговоротов обусловлена структурной неоднородностью биосферы, проявляющейся в существовании в природе различных биогеоценозов как дискретных единиц биосферы. Биогеоценозы – это те «блоки», из которых состоит вся биосфера и в которых протекают вещественно-энергетические круговороты, вызванные жизнедеятельностью организмов и в сумме составляющие большой биосферный круговорот.

Биогеоценоз представляет собой незамкнутую систему, характеризующуюся стабильностью структуры во времени и пространстве, имеющую вещественно-энергетические «входы» и «выходы», связывающие между собой смежные биогеоценозы в цепи, объединяемые стоком в широком смысле этого понятия. Обмен веществ между биогеоценозами осуществляется в газообразной, жидкой, твердой фазах и, что особенно важно для нашего рассмотрения, в своеобразной форме живого вещества (динамика популяций растений и животных, миграции организмов и т. п.). С геохимической точки зрения миграции вещества в цепях биогеоценозов могут рассматриваться как серии сопряженных процессов рассеивания и концентрирования вещества в организмах, почвах, водах, грунтах и атмосфере.

Из этого неизбежно краткого рассмотрения биосферного уровня организации живого видно его огромное значение в эволюции жизни: по существу биогеоценозы являются реальной средой протекания процесса эволюции, а кроме того, в связи с эволюцией составляющих их видов сами биоценозы претерпевают эволюционные изменения, находясь в постоянном динамическом равновесии.

б) Среда протекания эволюционного процесса

Таким образом, как только что было показано, биосфера на всем своем протяжении состоит из более или менее дискретных комплексов биотических и абиотических компонент – биогеоценозов. Иначе говоря, биогеоценозы и являются той конкретной средой, в которой протекает процесс эволюции любого вида живых

организмов.<...> Конечно, живые организмы находятся всегда под воздействием не только определенных абиотических условий, но и сложной совокупности других видов, с которыми они находятся во взаимоотношениях взаимодействия и конкуренции; именно эти совокупности видов – биоценозы – являются средой протекания межвидовой борьбы (в широком смысле этого слова) и связанных с нею бесчисленных проявлений отбора.

Взаимосвязанные в биоценозе виды, естественно, оказывают всегда целый ряд воздействий на абиотические факторы в пределах биогеоценозов. Это, в свою очередь, неизбежно влечет за собой «обратные», измененные воздействия этих абиотических факторов на те или иные живые компоненты биогеоценозов. Такие постоянные взаимодействия биоценоза с комплексом абиотических факторов со временем неизбежно ведут к определенным изменениям в биогеоценозах; уже по этому биогеоценозы – понятие динамическое.

Далее в физико-географической среде могут в силу геологических процессов в широком смысле этого слова происходить более или менее существенные изменения, соответственно сказывающиеся на населяющих соответствующий биотоп организмах. Со своей стороны, на достаточно длительных отрезках времени живые организмы, образующие биоценоз, претерпевают определенные эволюционные преобразования; это опять-таки на путях взаимодействия между живыми и косными компонентами повлечет за собою определенные изменения и преобразования биогеоценозов. В этом смысле можно и должно говорить об эволюции биогеоценозов.

Прекрасными примерами достаточно существенных эволюционных преобразований биогеоценозов являются изменения относительно небольших континентальных водоемов, заболоченных участков, некоторых степных и пустынных регионов, сдвигов зональных границ и сукцессий фитоценозов. Следствием эволюции биогеоценозов являются в конечном счете грандиозные преобразования биосферы Земли. <...>

в) Общие замечания

В заключение необходимо подчеркнуть неравномерность и различный объем наших знаний, связанных с вышеописанными четырьмя уровнями организации жизни на Земле.

Можно полагать, что на молекулярно-генетическом уровне наши сегодняшние представления, направления и размах исследований удовлетворительны. Мы, вероятно, правильно представляем себе и достаточно эффективно изучаем основные коды наследственной информации у простейших живых организмов. Недостаточно ясен пока переход к полному пониманию структуры и работы хромосом у настоящих клеточных и в особенности много-

клеточных живых организмов. Но на этом уровне мы обладаем уже достаточной информацией, позволяющей точно оперировать с целым рядом понятий, связанных с молекулярно-генетическим уровнем эволюционных процессов и пусковых механизмов.

Хуже обстоит дело на онтогенетическом уровне. Для действительного понимания онтогенетических дифференцировок затруднением является отсутствие пока общей теории онтогенеза. Весьма вероятно, что она будет создана в предвидимом будущем на основе развития молекулярной генетики и феногенетики.

На популяционном уровне мы располагаем рядом принципиальных знаний, позволяющих точно оперировать с понятиями, необходимыми для создания общих представлений о пусковых процессах эволюции. Возможно уже сейчас, комбинируя знания на молекулярно-генетическом и популяционном уровнях, строить математические модели ряда процессов, включая изучение внутрипопуляционных генетических состояний равновесия и их нарушений. Однако относительно очень мало данных собрано пока полевыми зоологами и ботаниками по конкретной структуре популяций и особенно по степени изоляции и взаимного обмена между отдельными популяциями внутри различных видов. Накопление дальнейших знаний о конкретных внутривидовых популяциях позволит точнее оперировать в области оценки относительной значимости различных элементарных эволюционных факторов при эволюционных преобразованиях популяций.

Наконец, на биогеоценотическом уровне мы еще довольно далеки от понимания закономерностей поддержания и нарушений длительных равновесных состояний в сложных комплексах живых и косных компонент – биогеоценозах. Это связано с комплексностью и трудоемкостью количественного изучения и измерения большого числа процессов, протекающих в биогеоценозе. Формализация и уточнение наших знаний в области биогеоценологии создаст, с одной стороны, возможность моделирования конкретных и реальных обстановок, в которых протекает эволюция, с другой же стороны, это позволит разумно прогнозировать последствия тех изменений, которые человек во все большем масштабе вносит в среду своего обитания и деятельности – биосферу Земли. <...>

Элементарные единицы биосферы

Гармония жизни в равновесии начал.

Н. К. Рерих

В. И. Вернадский поставил учение о биосфере на строго количественную основу, открыв класс геохимических функций живого вещества. Н. В. Тимофеев-Ресовский сделал следующий шаг в

этом направлении, *открыв класс управленческих функций живого вещества.* Тем самым был выявлен совершенно новый оперативный простор для работы человечества с живым веществом планеты.

Учение об управляющих функциях живого вещества напрямую сопряжено с учением об уровнях организации Жизни. Эти функции совершаются в особых природных системах-ячейках – биогеоценозах, размеры и внешние границы которых задаются целой совокупностью разнообразных природных условий (рельефом местности, типом растительного и почвенного покрова, климатом, гидрорежимом и т. д.). Поэтому закономерен был интерес Н. В. Тимофеева-Ресовского к кибернетическому и математическому моделированию работы биогеоценозов.

Изучение управляющих функций вещества позволило ученому логически и фактически обосновать представление о биогеоценозах как *элементарных биохорологических единицах биосферы.*

Общение с физиками помогло ему осмыслить роль и значение понятия элементарности в науке (напомним, что понятие элементарной частицы – одно из центральных в квантовой физике, а понятие элемента – в общей теории систем) и особенно тщательно следить за строгостью определения понятия «элементарная биохорологическая единица» и других понятий биогеоценологии и учения о биосфере.

Обдумывая общие следствия, вытекающие из концепции уровней организации жизни, Н. В. Тимофеев-Ресовский вместе со своим соавтором А. Н. Тюрюкановым публикует в 1966 году статью «Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы» и вскоре (1967) – статью «Биогеоценология и почвоведение». Обе статьи получили самую благожелательную поддержку В. Н. Сукачева и были опубликованы в журнале «Бюллетень Московского общества испытателей природы», главным редактором которого был Владимир Николаевич. Последняя статья, кстати, посвящена была светлой памяти Владимира Николаевича Сукачева, скончавшегося в 1967 году.

К сожалению, не была написана третья статья «Биогеоценология и ландшафтоведение», которая должна была осветить взаимосвязь биогеоценологии и ландшафтоведения в биосферном аспекте, исходя из концепции уровней организации жизни, хотя Н. В. Тимофеев-Ресовский многократно обсуждал с А. Н. Тюрюкановым ее план и основные понятия. Однако не довелось завершить задуманное, главным образом по вине соавтора, в чем он искренне раскаивается.

Подготовив статью «Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы», Николай Владимирович обратился к Владимиру Николаевичу Сукачеву с просьбой о ее корректировке, «дабы она случайно не повредила его общей концепции о биогеоценозах». В ответ получил необычайно доброжелательное письмо,

в котором Владимир Николаевич выражал глубокое удовлетворение статьей, но вежливо высказал одно существенное замечание, связанное с употреблением в статье понятия «элементарный биогеоценоз». Владимир Николаевич считал это понятие некорректным, так как рассматривал биогеоценоз как элементарную структуру. Он просил Николая Владимировича не использовать понятие «элементарный биогеоценоз».

Николай Владимирович с большой радостью воспринял это замечание и тем самым продемонстрировал своему ученику правило высшего научного света и тончайшего слуха к доброжелательной критике. С тех пор Николай Владимирович всегда использовал понятие биогеоценоза в сукачевском ключе – как элементарную единицу. Он писал Владимиру Николаевичу 26 июля 1965 года: *«Я целиком согласен с Вашим протестом против термина «элементарный» биогеоценоз и очень жалею, что Вы мне раньше не указали на это. Я же в более ранних своих статьях, совершенно не подумав о том, что такое усложнение терминологии может привести к терминологической путанице в применении слова «биогеоценоз», писал «элементарный биогеоценоз» в связи с тем, что уже сейчас многие геоботаники употребляют термин «биогеоценоз» в очень различном содержании и объеме. Но я совершенно с Вами согласен, что осложнять терминологию не следует и термин «биогеоценоз» надлежит применять в качестве понятия, соответствующего именно элементарной биохорологической единице.*

Не совсем согласен я лишь с той частью Вашего post-scriptum'а, в которой Вы пишете о равнозначности понятий «элементарный» и «далее неделимый». Эта равнозначность простирается лишь на «неделимость без потери прежних свойств»; например, элементарными структурами в химии являются молекулы, хотя они вполне делимы на атомы и атомные группы, которые, однако, не обладают свойствами данной молекулы, а элементарной структурой физической природы вещества являются атомы, хотя они и могут быть подразделены на нуклоны, электроны и другие элементарные частицы, не обладающие, однако, свойствами данного атома. Точно так же и биогеоценозы являются элементарными биохорологическими единицами биосферы, хотя и могут быть подразделены на разное, в пределе бесчисленное число частей, в зависимости от цели и задачи исследования, которые, однако, не будут обладать свойствами данного биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы и ячейки биогеохимической работы в биосфере. Но, я думаю, в этом смысле мы с Вами придерживаемся совершенно одинаковой точки зрения».

Выделив биогеоценоз как элементарную биохорологическую единицу, Н. В. Тимофеев-Ресовский в статье «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии» дал определение понятий «элементарное явление» и «элементарный процесс в биогеоценозе»: «Элементарными явлениями в биогеоценозах являются (в отношении каждого

биогеоценоза) общие балансы энергии и вещества (поступление, использование и длительное захоронение, потеря со стоком и в атмосферу)... Собственно элементарными процессами надо считать круговороты вещества и энергии, обусловленные доминантами и эдификаторами соответствующего биоценоза».

Нужно подчеркнуть, что понятию «элементарная единица» (так же как понятиям «элементарная структура» и «элементарное явление») Николай Владимирович придавал общенаучное значение, причем отмечал, что потребность в них возникает при переходе «от чисто эмпирического изучения к построению точных теоретических основ» науки и при необходимости и возможности применения математического аппарата (в первую очередь математической логики).

Каждый основной уровень жизни (генетический, онтогенетический, популяционно-эволюционный и биогеоценотический), говорил Тимофеев-Ресовский, должен иметь свои элементарные структуры, свои элементарные явления и свою «систему управления». Все явления жизни, на каком бы уровне они ни проявлялись, связаны в некоторое высшее единство, но нам пока, отмечал он, теоретически не вполне ясна «система управляющих систем», соответствующая этому высшему уровню единства.

Представление о биогеоценозах как элементарных биохорологических структурах биосферы стало одним из важнейших итогов изучения натуралистами «мозаичной», по выражению В. И. Вернадского, структуры биосферы.

Еще в середине XIX века возникли биогеографические идеи о существовании флористических и фаунистических комплексов (Друде, Дильс, Гумбольдт, Уоллес, Склетер, Н. Северцов и другие). А. Уоллес выделил биогеографические зоны, А. Гумбольдт указал на зональность распространения растений и ввел понятие ландшафта. В. В. Докучаев развил учение о зонах природы, связав географическое распространение растений и животных с зональностью почв и климата. В дальнейшем было показано, что мозаичность биосферы связана с существованием мировых центров видообразования растений, изменением на протяжении геологических эпох биоценотической плотности и интенсивности биогеохимической работы организмов. Выяснено также, что существенным фактором, определяющим мозаичность биосферы, являются ландшафтно-геохимические барьеры[1]. А в качестве особых единиц, характеризующих биогеохимическое разнообразие биосферы, были обозначены биогеохимические провинции.

---

[1] Понятие о ландшафтно-геохимических барьерах введено А. Н. Тюрюкановым в статье «Ландшафтно-геохимические барьеры и их роль в миграции химических элементов в географической оболочке». См. сб.: Изв. Географ. об-ва СССР. 1964. № 4.

В. И. Вернадский ввел представление о времени как факторе, определяющем разнородность биосферы. К сожалению, этому его нововведению до сих пор не уделяется должного внимания. Между тем оно носит принципиальный характер, существенно обогащая известный лайелевский принцип актуализма. Связав понятие исторического и геологического времени с представлением о разнородности биосферы, В. И. Вернадский существенно углубил докучаевское понятие о времени как факторе образования биосферных систем. Он писал: «Одно из проявлений этой разнородности биосферы заключается в том, что процессы в живом веществе идут резко по-иному, чем в косной материи, если их рассматривать в аспекте времени. В живом веществе они идут в масштабе исторического времени, в косном – в масштабе геологического времени, «секунда» которого много больше декамириады, т. е. ста тысяч лет исторического времени. За пределами биосферы это различие проявляется еще более резко, и в литосфере мы наблюдаем для подавляющей массы ее вещества организованность, при которой большинство атомов, как показывает радиоактивное исследование, неподвижно, заметно для нас не меняется в течение десятков тысяч декамириад – участка времени, сейчас доступного нашему измерению»[1] .

Постепенно сложилось убеждение в целесообразности и необходимости выделять и определенным образом фиксировать целостные и относительно стабильные природные комплексы, рассматривая их в качестве некоторого рода единиц, в своей совокупности отражающих мозаичность природной среды на планете. Основное методологическое требование к выявлению подобного рода «природных единиц» Б. Б. Полынов сформулировал следующим образом. Эти единицы, писал он, «должны быть в большей степени однородными на своем протяжении, т. е. в наибольшей степени приближаться к «неделимости», ибо только в этом случае они будут представлять эффект наиболее определенных как по качеству, так и по количеству взаимодействий»[2].

В почвоведении и лесоводстве необходимость выделения однородных природных единств была продиктована практическими потребностями оценки природных качеств, и прежде всего биопродуктивности почв и лесных массивов. Подобная же задача встала и перед географами, когда потребовалось районировать территории государств для освоения природных ресурсов и размещения промышленного производства. Геоботаники, или, точнее, фитоценологии, изучавшие зависимость растительности от состояния природной среды, также, отмечал В. Н. Сукачев, были в числе первых, выдвинувших идею существования целостных природных единств. Исследуя этот вопрос, они «сосредоточили вни-

---

[1] *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., 1977. С. 37, 57.

[2] *Полынов Б. Б.* Избранные труды. М., 1956. С. 494.

мание на выделении более узких территорий, на которых характер этих единств оставался практически однородным»[1].

Возникло множество терминов для обозначения таких однородных целостных единств – микрокосм, эпиморфа, элементарный ландшафт, микроландшафт, биосистема, биохора, экотоп, геоценоз, биоценоз, фитоценоз, экосистема, фация, эпитафия, диатоп, биоэкос и другие. Эти термины не вполне равнозначны, но все они применяются к объектам, близким между собой, по крайней мере совпадающим по определенным признакам.

Однако понадобилась конструктивная идея, которая позволила бы упорядочить все это великое множество терминов. Каждый из них нес в себе «родимое пятно» той науки, в недрах которой возник и обретал содержательный смысл.

Такую конструктивную роль сыграло понятие биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы биосферы.

В. Н. Сукачев развил представление о биогеоценозах как «совокупности на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющую свою, особую специфику взаимодействий этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы и представляющую собой внутренне противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии»[2].

Целиком принимая понятие «биогеоценоза», данное В. Н. Сукачевым, Н. В. Тимофеев-Ресовский и А. Н. Тюрюканов в статьях «Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы», «Биогеоценология и почвоведение» дополнили это определение (с учетом трактовки биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы) следующим образом: биогеоценоз представляет собой участок территории или акватории, через который не проходит ни одна существенная биоценотическая, почвенная, гидрологическая, микроклиматическая и гидрологическая граница.

Биогеоценозы представляют собой объективно существующие, логически объяснимые и далее неделимые элементарные структуры биосферы, способные находиться в длительном стационарном состоянии – динамическом равновесии различных процессов, слагающих круговорот вещества и энергии в биогеоценозах (газообмен, круговорот растворов, синтез и распад органических веществ и т. д.).

---

[1] *Сукачев В. Н.* Избранные труды. Л., 1972. Т. 1. С. 321.

[2] Там же.

Основываясь на понятии биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы биосферы, Тимофеев-Ресовский вводит в науку более широкое понятие *биохорологических научных дисциплин,* изучающих те или иные биохорологические единицы. Данные дисциплины занимаются изучением и классификацией территорий, населенных сообществами организмов, и самих этих сообществ. Они изучают (с разных точек зрения) изменчивые, сложные и неясно отграниченные друг от друга природные комплексы.

Это определение проводит разграничительную линию между биохорологическими дисциплинами и географическими науками – с одной стороны, и между биохорологическими и биологическими дисциплинами – с другой.

На принципиальное отличие типологической системы биогеоценологии от чисто хорологической системы географии указывал еще В. Н. Сукачев. Это положение Н. В. Тимофеев-Ресовский развил в статье «О некоторых принципах классификации биохорологических единиц», подчеркнув, что «в географии (ландшафтоведении) основной задачей является чисто хорологическое, пространственное районирование земной поверхности; при этом не только высшие категории, но и вся система единиц основывается на хорологическом принципе территориальной смежности».

Таким образом, «чисто хорологический» принцип, лежавший в основе географических наук, отличает их от биохорологических наук, в которых главным является *принцип пространственной организации живым веществом круговорота вещества и энергии в биогеоценозе.* Н. В. Тимофеев-Ресовский далее указывает две области научного знания, в которых возникает «встречное движение» географических и биохорологических наук.

Первой такой областью является учение о биогеохимических провинциях и геохимических ландшафтах, в котором в качестве основной элементарной единицы должен рассматриваться биогеоценоз.

Второй «точкой пересечения» географических наук с биохорологическими является биогеография. Будущее развитие биогеографических систем, полагал Н. В. Тимофеев-Ресовский, пойдет по пути комбинирования различных классификационных принципов: биогеоценологического, географического и принципа генетической типологии фаун и флор. Высшие классификационные единицы (области) будут определяться геологической историей материков и океанов, принципом генетических типов флор и фаун, расселяющихся из определенных очагов происхождения (исторического формирования) и по-разному друг с другом сочетающихся на различных территориях внутри области. А низшими классификационными единицами биогеографии будут служить *биогеоценозы, которые могут оказаться исходными очагами возможного* исторического развития новых или измененных типов фаун и флор.

Биогеоценоз, как наиболее дробная единица огромного и сложного комплекса, образующего биосферу Земли, как элементарная ячейка протекания биогеохимических, биогеоценотических и биогеографических процессов должен лежать, по мнению Тимофеева-Ресовского, в основе классификационных систем разделов биогеоценологии (фитоценологии, зооценологии, гидроценологии и типологии), а также биогеографии, биогеохимии, почвоведения и ландшафтоведения.

Типы геохимической работы биогеоценозов и типы сообществ придают классификационным системам в биогеоценологии именно *типологический,* а не пространственный характер. В то же время, замечает Н. В. Тимофеев-Ресовский, в практических типологиях (как, например, типология лесов, болот и лугов) классификационные системы, по-видимому, целесообразно строить по смешанному биогеоценологически-географическому принципу.

Четко указав специфику элементарных явлений и элементарных процессов, изучаемых биогеоценологией, Н. В. Тимофеев-Ресовский, таким образом, провел разграничительную линию между биохорологическими и географическими науками.

Однако эта же теоретическая установка позволяет провести грань между биохорологическими и биологическими науками. И те, и другие изучают явления жизни – на это указывает частичка «био» в названии наук. Но здесь следует напомнить слова В. И. Вернадского о том, что «биосфера не есть только так называемая область жизни» – она представляет собой совокупное единство различных геохимических состояний вещества, одним из которых является живое вещество. Поэтому биосферные науки, в сравнении с биологическими, имеют, несомненно, более обширную область исследования.

К сожалению, качественная граница между биосферным и биологическим классами наук обычно игнорируется исследователями. Особенно хорошо это заметно в работах, посвященных уровням организации живого. В этих работах выделяется система уровней живого, начиная от клеточного (а иногда и субклеточного) до биосферного уровня. При этом у большинства исследователей часто биологические уровни организации жизни (клеточный, индивидуумный, популяционный и биоценотический) плавно, без перестройки теоретического аппарата, переходят в биосферные уровни организации жизни (биогеоценотический, «биостромный», биосферный). Естественно, при таком построении иерархии уровней выпадают из поля зрения такие существенные биосферные уровни организации жизни, как почвенный и ландшафтно-геохимический. Это свидетельствует о недооценке самобытности, оригинальности биосферного класса наук, которые представляют собой самостоятельные естественноисторические дисциплины со своими объектами и методами исследования.

Многократно принимая участие в острых и длительных дискуссиях о том, что может быть принято в качестве элементарной целостной природной единицы, В. Н. Сукачев пришел к твердому и решительному убеждению, что именно биогеоценоз следует рассматривать как уровень особого порядка. Он писал: «Несмотря на то что биогеоценоз эволюционирует как целое, однако закономерности его развития ничего общего не имеют с развитием организма. Поэтому нельзя биогеоценоз сравнивать с организмом... надо категорически отвергнуть попытку видеть аналогию в развитии биогеоценоза с развитием организма»[1]. В органическом мире существует «зародышевый путь», то есть повторение в онтогенезе некоторых черт филогенеза. «Зародышевый путь» задает рамки и вектор развития как самой живой системы, так и ее элементов. У биогеоценозов же отсутствует такой путь развития. Развитие каждого биогеоценоза сопряжено тем или иным образом с развитием соседних биогеоценозов, ландшафтных систем, витасферы и биосферы в целом. «Можно считать биогеоценологию той наукой, – писал В. Н. Сукачев, – возникновение которой предвидел В. В. Докучаев и которая не относится ни к географическим, ни к биологическим наукам. Поэтому и биогеоценотический уровень изучения явлений природы не относится к серии биологических уровней: это уровень особого порядка»[2] .

Сейчас мы вынуждены, чтобы не потерять качество анализа биосферных проблем, довольно жестко проводить различие между биологическими науками и биогеоценологией. И это прежде всего касается сопоставления понятия биогеоценоза с наиболее близким к нему понятием экосистемы. Термин «экосистема» впервые употребил Тенсли в 1935 году в статье, где он, критикуя представление Клементса о биоме как организме и Филипса как о «комплексном организме», предлагает взамен термина «организм» термин «система» и вводит понятие экосистемы как относительно устойчивой системы динамического равновесия, в которой организмы и неорганические факторы являются полноправными компонентами. Определение Тенсли повторялось и повторяется многими авторами. Так, Юджин Одум (1959) определяет экосистему следующим образом: «Экосистема... включает как организм, так и абиотическую среду... Выделяются 4 составляющие части экосистемы: 1) абиотические вещества неорганические и органические, 2) организмы-производители, продуценты, 3) организмы-потребители, консументы, к которым относятся гетеротрофные организмы,

---

[1] *Сукачев В. Н.* Избранные труды. Л, 1975. Т. 2. С. 240.

[2] *Сукачев В. Н.* Структура биогеоценоза и их динамика//Структура и формы материи. М., 1967. С. 577.

главным образом животные, и 4) организмы-разлагатели, редуценты, главным образом бактерии и грибы, которые разрушают сложные вещества мертвой протоплазмы и высвобождают простые вещества, способные вновь потребляться продуцентами»[1] .

В книге «Экология», опубликованной в 1983 году (в нашей стране издана в 1986 году), он дал следующее определение экосистемы: «Любая единица (биосистема), включающая все совместно функционирующие организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот между живой и неживой частями, представляет собой экологическую систему, или экосистему»[2].

Эванс в статье «Экосистема как основная единица экологии» (1956) также подчеркивает, что экосистема слагается из живых и неживых компонентов, причем обращает внимание на то, что «циркуляция энергии и материи в неживой части экосистемы связана с такими физическими процессами, как испарение и увлажнение, эрозия и отложение осадков». Аналогичным образом Вилли характеризует экосистему как совокупность живых и неживых элементов, в результате взаимодействия которых создается устойчивая система, где имеет место круговорот веществ между живыми и неживыми частями[3].

Мы видим, что определение экосистемы по существу идентично понятию биогеоценоза в его функциональной части. Однако между ними имеется важное различие. Оно заключается в том, что биогеоценоз (по В. Н. Сукачеву) является еще и территориальной или, точнее, элементарной биохорологической единицей, представляющей определенный участок территории или акватории. Более того, размеры биогеоценоза четко определены площадью фитоценоза. Экосистема же – не территориальная единица, не некий однотипный участок территории, а лишь функциональная система, и ее размеры не определяются заранее заданным фактором. Экосистемы могут быть разных порядков: от самых мельчайших до весьма обширных, вплоть до того, что вся поверхность Земли рядом авторов рассматривается как одна экосистема.

Наиболее существенным моментом понятия экосистемы является представление о цепях питания и трофических уровнях. В 1942 году Раймонд Линдеман опубликовал работу «Трофико-динамический аспект экологии», в которой он впервые приме-

---

[1] *Одит Е. Р.* Fundamentals of ecology. Philadelphia and London. 1959.

[2] *Одум Ю.* Экология. М., 1986. Т. 1. С. 24.

[3] *Вилли К.* Биология. М., 1964.

нил энергетический подход для изучения пищевых связей по трофическим уровням[1]. Этот подход быстро завоевал умы экологов. Разработкой этого направления занялись главным образом гидробиологи как зарубежные (Ю. Одум и его школа), так и отечественные (Винберг и его школа), а также некоторые экологи, изучающие наземные экосистемы.

Большие успехи в области количественного изучения потока вещества и энергии по трофическим уровням в водных экосистемах по сравнению с наземными вызваны в основном тем, что большинство гидробиологов работало в водоемах сравнительно небольших размеров, экосистемы которых четко отграничивались от окружающей среды. Малые размеры водоемов, четкость их границ и однородность водной среды позволяли производить количественный учет организмов по всем трофическим уровням, определять количество отмерших остатков и скорости их разложения, устанавливать и измерять элементы круговорота вещества и энергии в различных звеньях экосистемы и ее общий баланс.

При изучении наземных экосистем значительно сложнее проследить и дать количественную оценку перемещению вещества и энергии в пределах экосистемы. Здесь трудности вызваны размытостью границ наземных биогеоценозов, гетерогенностью среды и многими другими факторами.

Важная особенность наземных экосистем заключается в наличии широкого потока консументов-животных, пищевые связи которых иногда распространяются на десятки километров. Большое количество животных не привязаны в течение всей своей жизни к определенному месту. Многие птицы гнездятся в одном месте, а кормятся в другом. Таким образом, в одном месте они отчуждают вещества и энергию, заключающуюся в съеденной ими растительной массе, если это фитофаги, или через пищевые цепи, если это насекомоядные, а в другое место они вносят эту энергию (за вычетом потерь по тем или иным статьям) в виде экскрементов и трупов. Подобные перемещения животных часто имеют систематический суточный цикл, часто сезонный, но ряд животных с широким ареалом «кормовой базы» могут попадать в данный биогеоценоз хотя и часто, но не регулярно. Животные могут мигрировать, покидать свои кормные участки и снова возвращаться на них. Эта большая подвижность животных и большая сложность и многомерность пищевых отношений затрудняет выявление количественной стороны перемещения вещества и энергии.

В связи с этим представление о биогеоценозе как о единице, ограниченной площадью одного фитоценоза, имеет определенные методические преимущества перед понятием экосистемы, поскольку территория фитоценоза точно определена и в ее пределах можно поставить многолетние наблюдения за деятельностью консу-

---

[1] *Lindeman*. R. The trophic - dynamik aspect of ecology. 1942. Vol. 23. № 4.

ментов разных порядков, а также изучить деятельность редуцентов в пределах данного участка и в результате получить статистически достоверную картину балансовых отношений перемещения вещества и энергии, которые здесь складываются. Пока еще никто не поставил таких работ, но в принципе их выполнение возможно.

Итак, хорологический принцип является существенным показателем отличия понятия экосистемы от понятия биосферной системы.

Важнейшим хорологическим признаком, кроме границ фитоценоза, является мозаика почвенного покрова – то, что традиционно называют «географией почв». Прессинг человеческой деятельности на биосферу проявляется не только в отравлении и уничтожении живого вещества планеты, но и в эрозии, деградации и сокращении почвенного покрова. Уже заведены Красные книги, в которые заносятся исчезающие виды животных и растений, но, к сожалению, отсутствуют Красные книги, в которые заносились бы исчезающие типы и разновидности почв. Вот почему сейчас на первый план выходит не просто биологический, а биохорологический аспект охраны биосферы.

Этот аспект оказывается вне рамок понятия экосистемы, которое охватывает лишь трофико-энергетические связи. Исследования по экосистемам не затрагивают биокосные и биогенные тела как особые естественноисторические образования, в них не уделяется достаточного внимания вопросам почвообразования, илообразования, роли мерзлотных явлений и ряда других процессов, в которых проявляется роль живого вещества в формировании биосферных систем и среды своего существования. Понятие экосистемы оказывается неспособным в полной мере отразить масштабность и глубину катастрофических явлений в биосфере, инициированных человечеством.

В статье «Радиационная биогеоценология» Н. В. Тимофеев-Ресовский счел необходимым специально остановиться на соотношении понятий «экосистема» и «биогеоценоз». Он писал о неуместности использования «неясно сформулированного» термина «экосистема» вместо всесторонне обоснованного термина «биогеоценоз». На уровне современного изучения биосферы Земли, подчеркивал он, все преимущества, несомненно, на стороне биогеоценологии. В связи с этим он решительно возражал против употребления в научной литературе термина «радиационная биогеоценология» в качестве синонима или аналога термина «радиоэкология».

Вот почему, как бы резюмируя теоретическую разработку биогеоценологических идей, Н. В. Тимофеев-Ресовский счел необходимым особо подчеркнуть ее практическую значимость. В статье «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии» он писал: «Нам кажется, что в общем плане при решении проблемы ох-

раны природы, и особенно при изучении и использовании биологических ресурсов Земли, совершенно необходимо исходить из *биогеоценологических* концепций; лишь в этом случае, учитывая всю специфику явлений, протекающих на эволюционном и биохорологическом уровнях, можно избегнуть ошибок и резко повысить использование человеком биологической продуктивности Земли».

Живое не просто существует в пространстве, а *организует* его. Вот почему понятие хорологической единицы приобретает принципиально важное значение как в теоретическом, так и в практическом отношении.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Биосфера – биогеоценоз – биоценоз – популяция

Глава из книги[1]

Жизнь во всех ее разнообразных проявлениях и богатстве форм занимает на нашей планете определенную оболочку, именуемую биосферой. В биосфере жизнь всегда представлена сообществами из особей различных видов живых организмов; эти сообщества именуются биоценозами. В связи с этим популяции всех отдельных видов живых организмов всегда входят в состав каких-либо биоценозов в биосфере Земли.

В настоящей главе мы кратко рассмотрим основные понятия, связанные с биосферой, ее элементарными подразделениями, сообществами живых организмов и положением в них популяций различных видов.

§ 1. Биосфера

<...> На поверхности Земли <...> «живое вещество» (термин В. И. Вернадского) всегда представлено сложными сообществами из различных видов, занимающих определенное пространство и осуществляющих там характерный для данного сообщества вещественно-энергетический круговорот; это пространство характеризуется определенным комплексом физико-географических условий, с которыми организмы сообщества связаны сложными эдафическими, трофическими и адаптационными связями. Такие сообщества находятся в относительно устойчивом состоянии, рассматриваемом как состояние динамического равновесия. Это рав-

[1] Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973. С. 13–29. Текст приводится с небольшими сокращениями.

новесие смещается при изменениях состава сообщества или каких-либо косных компонент среды; эти флуктуирующие, обратимые изменения ведут к относительно кратковременным количественным колебаниям в биомассе и составе сообществ, которые, однако, стремятся к сохранению определенного модального равновесия. Долговременные же, векторизованные, или резкие изменения состава сообществ или физико-географических условий нарушают равновесие и через сукцессии приводят сообщества к новому равновесному состоянию. Эти изменения лежат в основе эволюции сообществ, направляемой естественным отбором по путям усложнений или упрощений.

В. И. Вернадский в ходе своих геохимических исследований назвал биосферой *ту оболочку Земли, в формировании которой организмы играли и играют основную роль.* Заложив основу количественной оценки огромного значения живых организмов в энергетике, геохимии и формировании лика Земли, В. И. Вернадский создал общее учение о биосфере (1926). В биосферу он включает не только современную «живую пленку» Земли (для которой к настоящему времени рядом ученых предложены различные специальные термины), но и всю ту часть верхних слоев литосферы, в образовании которых живые организмы играли ведущую роль (биогенные осадочные породы – области «былых биосфер»), а также природные воды и атмосферу. Геолого-геохимическое изучение биосферы и ее районирование В. И. Вернадский выделил в особую дисциплину – биогеохимию; географическим аспектом геохимического районирования Земли является разработанное Б. Б. Полыновым, А. П. Виноградовым и А. И. Перельманом учение о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях. В своей последней работе В. И. Вернадский (1944) показал, что в геохимическую работу биосферы и в формирование лика Земли во все возрастающей степени включается человек с его хозяйственной деятельностью; область преимущественного геолого-геохимического влияния человека В. И. Вернадский назвал ноосферой. В биосфере Земли жизнь всюду представлена более или менее сложными сообществами, состоящими из популяций различных видов живых организмов (биоценозами), населяющими определенные местообитания. В таких биоценозах входящие в их состав особи и виды связаны друг с другом трофическими, химическими и эдафическими связями; такими же отношениями организмы биоценоза связаны с косными компонентами среды (климатом, гидрологическими условиями, почвой, химизмом среды и т. д.). В этих сложных комплексах живых и косных компонент первичными продуцентами органического вещества являются автотрофные организмы – зеленые растения фотосинтетики и хемосинтезирующие бактерии. В целом биосфера, являясь сплошной и непрерывной оболочкой Земли, состоит из большого числа в разной степени отличающихся друг от друга местообитаний и

населяющих их биоценозов. Общая биогеохимическая работа биосферы, а также ее эволюция складываются из соответствующих вещественно-энергетических круговоротов и эволюции большого числа различных, в известной степени дискретных биохорологических участков.

Неоднородность биосферы в биогеохимическом отношении является результатом сложнейших и разнообразнейших вещественно-энергетических круговоротов, протекающих в разных ее частях под влиянием живых организмов. В свою очередь разнообразие этих круговоротов обусловлено структурной неоднородностью разных участков биосферы, проявляющейся в существовании в ней вполне определенных дискретных единиц – *биогеоценозов*, в той или иной мере отделенных друг от друга разного рода границами. Поэтому наряду с разработкой учения о биосфере и биогеохимии в недрах биологии шло становление самостоятельной естественноисторической дисциплины – биогеоценологии; ее конечная задача, как указал ее создатель В. Н. Сукачев (1947, 1949, 1960, 1964, 1966), состоит во вскрытии закономерностей, управляющих процессами превращения вещества и энергии в дискретных участках биосферы – биогеоценозах. Объекты этой науки – биогеоценозы – представляют собой «совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира, мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия этих слагающих ее компонент и определенный тип обмена веществом и энергией между собой и с другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении и развитии» (Сукачев, 1964, стр. 263). Интересно отметить, что биогеоценотическая концепция наиболее точно и полно выражает основную естественнонаучную идею В. В. Докучаева о необходимости создания особой науки, призванной изучать «генетическую, вечную и всегда закономерную связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой, между растительным, животным и минеральным царствами» (Докучаев, 1899, стр. 182).

Таким образом, с точки зрения общего учения о биосфере и биогеоценологии можно с полной достоверностью утверждать, что сплошная живая пленка Земли распадается на в значительной степени дискретные участки – биогеоценозы. Биогеоценозы это структурные единицы, из которых состоит биосфера и в которых протекают вещественно-энергетические круговороты, вызванные жизнедеятельностью организмов. Эти круговороты, частично связанные друг с другом, в сумме составляют большой биосферный круговорот. В следующем параграфе мы несколько подробнее остановимся на биогеоценозах как элементарных биохорологических подразделениях биосферы и их

значении в смежных с биогеоценологией дисциплинах, а также на их взаимосвязях друг с другом.

§ 2. Элементарная биохорологическая единица – биогеоценоз

Перед дальнейшим, более подробным, рассмотрением биогеоценозов как элементарных подразделений биосферы следует установить вертикальные границы биогеоценотической оболочки в пределах биосферы; биосфера – более широкое понятие по сравнению с биогеоценотической оболочкой, имеющей более узкие вертикальные границы.

За нижнюю границу биогеоценотической оболочки Земли следует как для практических, так и для теоретических целей принимать верхний водонепроницаемый слой грунтов или горных пород, или, что то же самое, нижнюю границу верхнего водоносного слоя; при этом имеется в виду не «верховодка», а постоянный уровень грунтовых вод. Верхней границей биогеоценотической оболочки следует считать нижние приземные слои тропосферы, находящиеся в постоянном газообмене с почвой, растительным покровом и животным населением. В этих вертикальных пределах и надлежит, в согласии с определением В. Н. Сукачева, проводить горизонтальные подразделения биогеоценотической оболочки Земли.

Элементарной биохорологической единицей следует считать биогеоценоз в понимании В. Н. Сукачева. Биогеоценозу можно дать следующее достаточно строгое определение: *биогеоценоз представляет собой участок выше описанной биогеоценотической оболочки Земли (территории или акватории), через который не проходит ни одна установимая существенная биоценотическая, микроклиматическая, гидрологическая* (раздельно учитывая границы векторов поверхностного и грунтового стоков), *почвенная, геоморфологическая и геохимическая границы.* Такие биогеоценозы надлежит считать достаточно теоретически обоснованными элементарными биохорологическими единицами (Тимофеев-Ресовский, Тюрюканов, 1966). В то же время они являются далее разумно неподразделимыми единицами биогеохимической работы, протекающей в биосфере. При этом система почва – биоценоз (или вода водоема – биоценоз) определяет в основном характер биогенного вещественно-энергетического круговорота; он протекает под влиянием рельефа и климата, а векторы стока и движения воздушных масс в приземном слое тропосферы являются факторами, осуществляющими входные и выходные связи между смежными биогеоценозами. В почве и грунте происходят первичное захоронение и длительная переработка части веществ, надолго или навсегда выходящих из биологического круговорота или вносимых извне в данный биогеоценоз и не выходящих со стоком за его пределы. <...>

Нужно отдавать себе отчет в том, что установление границ биогеоценозов далеко не всегда легко провести в полевых условиях; это вполне понятно и касается практического разграничения очень многих «единиц» в варьирующих комплексных объектах изучаемого нами внешнего мира. Это, однако, ни в коей мере не ограничивает теоретического значения строгой формулировки понятия «элементарная биохорологическая единица». Несмотря на практические трудности выделения биогеоценозов в природе, все биохорологические дисциплины должны, однако, исходить из понятия биогеоценоза как элементарной биохорологической единицы при своей описательной или аналитической работе, особенно же при теоретических интерпретациях, формулировках и построении классификационных систем своих объектов исследования. Учитывая практические трудности точного определения границ биогеоценозов в природных условиях, В. Н. Сукачев считал, что предварительная наметка границ биогеоценозов, необходимая для дальнейшего их комплексного изучения, может производиться путем установления природных фитоценологических границ.

Биогеохимическая работа биогеоценоза, естественно, совершается в определенных временных границах, часть из которых имеет цикличный, а часть – антицикличный характер. Работа биогеоценоза во времени должна рассматриваться в тесной связи с общей работой биосферы; известно, что биогеохимическая работа биосферы осуществляется под контролем ряда планетарных и космических явлений, имеющих цикличный характер (суточный, годовой, многолетние циклы). В то же время часть биогеохимической работы биогеоценоза имеет ацикличный характер (сукцессии), обусловленный внутренней структурой биогеоценоза и комплексом местных физико-географических условий, включающим как современные, так и исторические моменты формирования и работы биогеоценоза. Конечная биогеохимическая работа биогеоценоза складывается из сложной совокупности частных биогеохимических процессов, протекающих во времени циклично или ациклично. Протекающие во времени процессы существенно влияют на интенсивность биологического круговорота веществ, последовательность включения отдельных компонент в рабочий цикл биогеоценоза, объем веществ, входящих и выходящих из биогеоценоза, характер трансформации веществ и миграционные циклы, степень давления биоценоза на изменение косных компонент биогеоценоза и т. п. Для примера сошлемся на кардинальные различия биогеохимической работы вечнозеленых лесов тропиков и дубрав умеренной зоны, развивающихся в резко отличных гидротермических условиях в годовом цикле (сезонность).

Мы считаем, что временной аспект биогеохимической работы биогеоценоза должен оцениваться как важнейший классификационный критерий. Накопление фактического материала о характе-

ре цикличных и ацикличных явлений в работе биогеоценозов позволит в дальнейшем создать стройную классификацию биогеоценозов, отвечающую уровню и требованиям современной науки.

Исходя из определения биогеоценоза как основной биохорологической единицы, специальному рассмотрению подлежат пространственные связи между компонентами биогеоценоза и между соседними биогеоценозами.

Пространство, занимаемое биогеоценозом, неоднородно по своей физической природе – оно состоит из твердой (грунт), газовой (атмосфера) и жидкой (подпочвенные и атмосферные воды) фаз. Вещества, находящиеся в разных фазах, тесно взаимосвязаны и контролируются работой биоценоза. Существенной чертой пространства является ярусность различных компонент, слагающих биогеоценоз. Вещественно-энергетический круговорот биогеоценоза слагается в основном из частных круговоротов отдельных ярусов, т. е. вещества и энергии в системе почва – растение. Не менее существенной, хотя и недостаточно изученной является горизонтальная составляющая вещественно-энергетического круговорота в биогеоценозе. Сюда относятся процессы горизонтального роста крон и корневых систем растений, миграция веществ по корневым системам и почве, внутрипочвенный сток (верховодка) в пределах биогеоценоза и другие явления (аллелопатия, миграции животных и т. п.). Несмотря на то, что биогеоценоз имеет входы и выходы вещества и энергии, т. е. представляет собой незамкнутую систему, можно говорить об относительной стабильности во времени вещественно-энергетического круговорота в конкретных биогеоценозах.

Важной чертой биогеоценоза являются его размеры: формы и характер выраженности его единиц. Размеры биогеоценоза варьируют в широких пределах – от нескольких десятков и сотен квадратных метров до нескольких квадратных километров; они зависят от степени однородности физико-географической, почвенно-геохимической, климатической и гидрологической обстановки и биоценотических комплексов. Соответственно варьирует конфигурация границ биогеоценоза, а также его вертикальная мощность (от нескольких сантиметров на скальных породах до нескольких десятков и даже сотен метров в лесной зоне и водоемах).

Пространственные границы биогеоценозов бывают четкими и расплывчатыми, их выраженность может усиливаться или ослабляться в процессе биохимической работы двух смежных биогеоценозов. При этом формируются местные рубежи, экраны и барьеры, снижающие выход вещества за пределы биогеоценоза (аллювиальные горизонты почв, ландшафтно-геохимические барьеры). В то же время в процессе развития биогеоценозов бывают случаи «размазывания» ранее сложившихся границ, сопровождающиеся постепенным взаимопроникновением компонент соседних биогеоценозов.

Анализ причин и характера формирования границ биогеоценозов представляет одну из важных задач сравнительно биогеоценотических исследований, так как выявление границ биогеоценозов в полевых условиях нередко сильно затруднено.

Биогеоценоз представляет собой незамкнутую систему, характеризующуюся стабильностью своей структуры во времени и пространстве и в то же время имеющую вещественно-энергетические входы и выходы, связывающие между собой смежные биогеоценозы в цепи, объединяемые стоком в широком смысле этого понятия. Обмен веществ между биогеоценозами осуществляется в газообразной, жидкой и твердой фазах, а также в своеобразной форме живого вещества (миграция растений и животных, динамика их популяций и т. д.). В настоящее время накапливается значительный материал о качественной и количественной характеристике миграции веществ в сериях смежных биогеоценозов. Этому в немалой степени способствовали работы Б. Б. Полынова, А. И. Перельмана и В. А. Ковды о геохимических провинциях и ландшафтах, Н. П. Ремезова, А. А. Молчанова, Н. И. Базилевич, Л. Е. Родина, Т. А. Работнова, Н. И. Пьявченко и других авторов о биологическом круговороте веществ в лесах, степях, пустынях и на лугах. С биогеохимической точки зрения миграции веществ в цепях биогеоценозов могут рассматриваться как серия сопряженных процессов рассеивания и концентрирования веществ в организмах, почвах, водах, грунтах и атмосфере. Круговорот химических элементов в различных биогеоценозах неодинаков; лишь небольшая часть ежегодно вовлекаемых в круговорот веществ выносится со стоком в соседние биогеоценозы, причем в минимальных количествах выносятся биофильные элементы (калий, фосфор, азот).

Разнообразие биогеоценозов отражается на составе стока. Так, например, воды ручьев, бассейны которых лежат в пределах только дубовых, осиновых или сосновых лесов, резко отличаются друг от друга по составу стока (наблюдения Н. П. Ремезова, 1956, 1959). Не менее ярко выражены различия в работе биогеоценозов в газовом режиме, во влажности почв, в численности и миграции животных и т. д.

Несмотря на сравнительно прочное удерживание химических элементов в биогеоценозе, часть их все же поступает в почвенно-грунтовые воды, которые движутся от водоразделов к долинам рек. На этом пути воды проходят через серию сопряженных по стоку биогеоценозов и, как правило, на их границах происходят значительные изменения в составе стока, приводя к становлению первого ландшафтно-геохимического (биогеоценологического) барьера. Особенно ярко это проявляется в полесьях на контакте песчаных боровых грив (дюн) и межгривных заболоченных западин. Значение биогеоценологического (первого ландшафтно-геохимического) барьера в общем биосферном круговороте веществ огромно. «Паутина» этого барьера представляет собой ос-

новную преграду веществам, выходящим за пределы биогеоценозов. Общая схема распределения ландшафтно-геохимических барьеров рассмотрена в специальной работе А. Н. Тюрюкановым (1964), а физико-химические, физические и другие механизмы формирования барьеров – А. И. Перельманом (1961).

Выше описаны некоторые существенные черты строения и работы биогеоценозов; они, естественно, оказывают влияние на судьбы всех видов организмов, входящих в состав данного биогеоценоза, в качестве биотической среды протекания эволюционных процессов, Несомненно также, что специфические черты биогеоценозов и распределение сходных биогеоценозов в пространстве географического региона оказывают влияние на формирование и распределение популяций отдельных видов в пространстве.

§ 3. Биоценоз и популяция

В предыдущем параграфе мы рассмотрели биогеоценозы как элементарные биохорологические подразделения биосферы Земли. При этом биогеоценозы интересовали нас не как хорологические подразделения собственно живой пленки Земли, а как сложные по структуре, включающие живые и косные компоненты, элементарные подразделения биогеоценотической оболочки. В настоящем параграфе мы вкратце рассмотрим строение живого комплекса, входящего в биогеоценоз, – биоценоза, а также его взаимоотношение с совокупностями особей отдельных, входящих в его состав видов – популяциями.

Еще в XIX веке биологам стало ясно, что жизнь представлена всюду в виде комплексов, состоящих из многих различных видов животных, растений и микроорганизмов. Эти комплексы характеризуются развившимися и в значительной мере стабилизировавшимися взаимоотношениями как между видами, составляющими такие комплексы, так и между всем комплексом и окружающей средой в течение всего их длительного существования и протекания непрерывного эволюционного процесса. Еще в конце 70-х годов XIX века К. Мёбиус в работе, посвященной устричному хозяйству (1877), ввел для таких сообществ или комплексов видов, населяющих определенное пространство (характеризующееся определенным набором физико-географических условий), понятие и термин *биоценоз*; в дальнейшем термин биоценоз сохранился для комплекса видов, образующих сообщество, а территория или акватория, занимаемая биоценозом, получила наименование «биотоп». Биологическая дисциплина, занимающаяся изучением биоценозов, получила наименование «биоценология»; вскоре биоценология разделилась на зооценологию и фитоценологию, из которых выделилась педоценология, изучающая ценозы почвы. Фитоценология усиленно развивалась и развивается до сих пор в связи с различными аспектами изучения флоры и растительности

Земли. В фитоценологии возникли школы, создавшие частично различную терминологию и разные иерархические системы фитоценологических единиц. Одно время биоценологию понимали как «синэкологию», т. е. ту часть экологии, которая изучала соотношения сообществ живых организмов со средой обитания. Ясность была внесена В. Н. Сукачевым, который, как уже упоминалось, объединил понятия «биоценоз»» и «биотоп» в понятие «биогеоценоз», придав ему значение элементарной биохорологической единицы в биосфере Земли. Таким образом, для наших целей достаточны понятия «биогеоценоз» и «биоценоз»; при этом *биоценозом считается «жизненное сообщество»* (по К. Мёбиусу), *населяющее биогеоценоз.* В связи с этим возникают две проблемы: взаимоотношения границ биогеоценоза и населяющего его биоценоза и границ популяций (как совокупностей особей видов, входящих в биоценоз) с границами биоценоза. Наряду с этим возникает и вопрос о четкости и расплывчатости границ как биоценозов, так и популяций.

Но прежде чем перейти к рассмотрению этих вопросов, следует кратко остановиться на разграничении двух понятий, которые в последнее время часто смешиваются. Несколько выше уже говорилось о формулировке В. Н. Сукачевым и его последователями понятия «биогеоценоз», в первом приближении являющегося объединением прежних понятий «биоценоз» и «биотоп». Биогеоценоз в современном понимании является элементарной биохорологической единицей. Из совокупности таких естественно связанных между собой функционально-структурных единиц состоит биогеоценотическая оболочка Земли; биогеоценозы являются, следовательно, участками поверхности (территории и акватории), имеющими определенную протяженность в горизонтальном и вертикальном направлениях и состоящими из определенного набора живых (особей, популяций, различных видов) и косных компонент (всего набора физико-географических условий и факторов) и производящих определенную биогеохимическую работу в пределах общего комплекса биосферы. Наряду с различными формулировками таких понятий, как биоценоз, биотоп, зооценоз, фитоценоз, синэкологическая система и т. д., которые кратко упоминались выше, в 30-е годы было выдвинуто понятие «экосистемы» (Тансли, 1935), близкое иногда употреблявшемуся, но недостаточно строго сформулированному до сих пор понятию «синэкологической системы». Экосистемы, по-видимому, могут быть весьма различного масштаба и объединять различное число биотических и абиотических компонент, связанных общностью вещественно-энергетического потока. В целом ряде случаев это понятие представляет большое удобство как в экспериментальных исследованиях, так и при количественном изучении вещественно-энергетических связей между определенными компонентами и факторами природной среды. Вызывают, однако, недоумение очень частое

смешение понятий «экосистема» и «биогеоценоз» (особенно в отечественной литературе) и споры о том, какой из терминов удобнее употреблять. Недоумение возникает потому, что эти термины обозначают совершенно различные понятия: экосистема – экологическая связь определенных видов между собой и с определенными компонентами абиотической среды (могущая включать как разное число видов живых организмов в качестве звеньев пищевых цепей, так и разное число абиотических факторов), в то время как биогеоценоз – понятие *биохорологическое,* т. е. обозначающее определенный природный вещественный объект, занимающий определенное пространство, состоящий из совершенно определенного набора живых и косных компонент (безотносительно к тому, какой процент из них уже обнаружен и описан) и отделенный совершенно определенными пространственными границами от таких же смежных объектов. Таким образом с точки зрения биогеоценологии (или любой другой биохорологической дисциплины) невозможно заменять хорологическое (в основном пространственно-территориальное) понятие «биогеоценоз» совершенно иным, экологическим, понятием «экосистема»; при этом и в биогеоценологии можно в определенных исследованиях пользоваться понятием «экосистема» (отнюдь не заменяя им понятие «биогеоценоз»), так же как и в исследованиях популяций можно использовать ряд физиологических или экологических понятий при проведении определенного рода работ.

Для того чтобы дальнейшее было понятнее, рассмотрим теперь вкратце вопрос о степени расплывчатости границ. Теоретически популяция ограничена определенным давлением изоляции; но практически изоляционную границу не всегда легко установить и приходится руководствоваться при этом изменяющейся между смежными популяциями плотностью населения. Границы же плотности населения могут быть как совершенно четкими и линейными, так и весьма расплывчатыми; плотность населения может переходить от одного пика к другому пику плотности через «долины» пониженной плотности; таким образом, границы популяций могут быть как четкими, так и расплывчатыми в различной степени. Еще сложнее вопрос о границах биоценоза. Биоценозы – сообщества из многих весьма различных видов; часть этих видов доминирует в данном биоценозе, характеризует его и находится в очень тесных жизненных связях как друг с другом, так и с окружающей абиотической средой (образуя «основную» границу данного биоценоза); другие же виды менее специфично связаны с данным биоценозом, в разной степени входят в состав смежных биоценозов, а некоторые являются и вообще широко распространенными в данном географическом регионе. Таким образом, границы биоценоза лишь относительно редко являются вполне четкими; в большинстве случаев их расплывчатость оп-

ределяется не только вышеописанной расплывчатостью границ отдельных популяций, но и различной степенью специфической связи разных видов животных и растений с основным ядром данного биоценоза. Наконец, совершенно ясно, что границы биогеоценоза также не могут быть совершенно четкими хотя бы потому, что одним из важнейших признаков биогеоценоза является ареал совершенно определенного биоценоза (границы которого, как только что было показано, могут быть в разной степени нечеткими); так как с разных сторон пространство, занимаемое определенным биогеоценозом, может ограничиваться границами разного типа (биоценотическими, климатическими, гидрологическими и т. п.) и так как многие из них в свою очередь могут быть не вполне четкими, то, конечно, и общая граница конкретного биогеоценоза далеко не всегда будет достаточно четкой. Во избежание неправильного понимания следует, однако, подчеркнуть, что нечеткость некоторых границ популяций, биоценозов и биогеоценозов обычно не нарушает их дискретности и степень нечеткости относительно невелика по сравнению с величинами соответствующих ареалов (популяции, биоценоза, биогеоценоза). Наконец, особенно в отношении популяций и, отчасти, биоценозов, надо постоянно иметь в виду, что они представляют собой динамические комплексы, претерпевающие флуктуации численности особей, а в связи с этим и неизбежные флуктуации границ занимаемых ими ареалов; это в свою очередь неизбежно влияет на степень четкости или расплывчатости границ.

Теперь мы можем кратко рассмотреть проблемы совпадения или несовпадения границ биогеоценозов, биоценозов и популяций. Уже по самому определению границы биоценоза могут (что наблюдается обычно) либо совпадать с границами соответствующего биогеоценоза (разумеется, в пределах вышеупоминавшихся флуктуаций и степени расплывчатости тех и других границ), либо выходить за пределы биогеоценоза (в тех случаях, когда с одной или нескольких сторон биогеоценоз ограничен не биоценотическими, а другими типами границ); если биоценоз пространственно меньше рассматриваемого биогеоценоза, это означает, что внутри биогеоценоза проходит биоценотическая граница (или границы) и он, следовательно, является не одним, а двумя биогеоценозами. Сложнее вопрос о совпадении или несовпадении границ популяций с границами как биоценозов, так и биогеоценозов.

Выше мы уже упоминали о том, что биоценозы пространственно ограничены совпадением границ популяций лишь части составляющих их видов (количественно доминирующих и наиболее характерных); часть же входящих в биоценоз видов может либо более и менее далеко выходить за пределы «своего» биоценоза, либо, не разделяясь на две или более популяции,

объединять в пределах ареала своей популяции несколько биоценозов.<...> Наконец, в некоторых случаях (особенно среди растений, специфически связанных с узколокальными условиями биотической и абиотической среды, а также среди беспозвоночных) ареалы популяций отдельных видов могут быть меньше ареала биоценоза, иногда же в пределах ареала одного биоценоза может оказаться более одной популяции определенного вида. <...> Популяции же некоторых видов животных, характеризующихся относительно крупными и мобильными особями, могут охватывать несколько соседних ценозов, входящих в типичную (в качестве местообитания) группу смежных биогеоценозов или даже ландшафтов.

Все сказанное о совпадениях и несовпадениях границ популяций и биоценозов относится и к проблеме соотношения между границами популяций и биогеоценозов. <...>

§ 4. Заключительные замечания

В этой главе в неизбежно краткой и несколько афористической форме мы рассмотрели распределение жизни на лике Земли.

Виды животных, растений и микроорганизмов населяют всю поверхность нашей планеты; эта непрерывная живая пленка биосферы в то же время разбита на множество более или менее дискретных участков, отличающихся как по составу и биомассе населяющих их организмов, так и по абиотическому субстрату жизни. Элементарными биохорологическими структурными и функциональными единицами биосферы Земли являются биогеоценозы. Биологически каждый биогеоценоз прежде всего характеризуется определенным биоценозом, «жизненным сообществом», состоящим из особей популяций различных видов животных, растений и микроорганизмов. Как было показано, взаимоотношения между границами популяций биоценозов и биогеоценозов могут быть довольно сложными. Так как биогеоценозы являются не только структурными единицами, состоящими из определенных комплексов биотических и абиотических компонент, но и элементарными единицами протекающей в биосфере Земли биогеохимической работы, а характеризующие каждый биогеоценоз биоценозы являются основным фактором, производящим огромную химическую работу, то популяции в отношении их структуры, динамики участия в вещественно-энергетическом круговороте биосферы не могут рассматриваться в отрыве от биоценозов и биогеоценозов, в состав которых они целиком или частично входят. Наконец, биоценозы, и особенно биогеоценозы, являются той конкретной средой, в которой протекают эволюционные процессы, пусковые же механизмы практически всех эволюционных процессов возникают и формируются в пределах конкретных популяций.

Живое организует пространство (Структурная организованность биосферы)

Non multa, sed multum
(Не много, но многое).

Организованность биосферы В. И. Вернадский определял как «динамичное, вечно изменчивое, в каждый момент меняющееся и никогда не возвращающееся к прежнему образу равновесие»[1]. В организованности биосферы отражается структурно-вещественно-энергетический результат совокупного (по законам статистического ансамбля) прохождения различными природными процессами и системами определенных отрезков времени.

Понимание организованности как динамичного равновесия биосферы Н. В. Тимофеев-Ресовский и А. Н. Тюрюканов дополнили представлением о структурной организованности биосферы. Опираясь на современные научные данные, можно говорить о существовании следующих основных структурных уровней организованности биосферы: биоценотический, почвенный, ландшафтно-геохимический, витасферный и собственно биосферный. Выделение этих уровней дало основание ввести понятие биосферного класса наук, изучающих тот или иной уровень организованности биосферы (биогеоценология, почвоведение, геохимия ландшафтов) или отдельные аспекты этой организованности[2] .

Одним из центральных понятий, характеризующих организованность биосферы, является, наряду с понятием биогеоценоза, понятие *витасферы*

По В. И. Вернадскому, еще раз напомним, к биосфере относятся нижние слои стратосферы, вся тропосфера, верхняя часть литосферы, сложенная осадочными породами (стратисфера) и гидросфера. Таким образом, верхняя граница биосферы простирается до высоты около 23 км над поверхностью Земли, а нижняя проходит в среднем на глубине около 16 км под ее поверхностью, точнее, по верхней границе раздела Махоровичича.

В пределах биосферы, столь широко очерченной В. И. Вернадским, выделяется более узкий слой «области жизни», где в настоящее время протекают активные процессы биогенеза, – слой основного средоточия ныне существующих организмов, вклю-

---

[1] *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., 1977. С. 99.

[2] *Галицкий В. В., Тюрюканов А. Н.* Методологические предпосылки моделирования биогеоценотических процессов//Структура науки и механизм возникновения нового знания. Обнинск; М., 1977. С. 49.

чающий как живые существа, так и вовлекаемые ими в биологический круговорот части литосферы, атмосферы и гидросферы.

Этот слой был выделен и охарактеризован Е. М. Лавренко как фитогеосфера, поскольку основную роль как по массе, так и (что особенно важно) в энергетическом отношении в нем играют растения. По Е. М. Лавренко, на суше в объем фитогеосферы входят кроме биогеоценозов также нижний слой тропосферы мощностью в несколько десятков метров и почва с подпочвой – место средоточия корневых систем растений и микроорганизмов, а также животных. Мощность фитогеосферы, следовательно, измеряется на суше метрами или десятками метров (редко около 100 метров). В морях и океанах фитогеосфера имеет обычно большую мощность. В этом смысле фитогеосфера является синонимом эпигенемы Р. И. Аболина (1924), биогеоценотической оболочки В. Н. Сукачева (1964) и биогеосферы Н. В. Дылиса (1964).

Для унификации и упрощения терминологии мы считаем более целесообразным для обозначения «области жизни» (или «биогеоценотической оболочки») использовать термин «витасфера». Употребление частицы «вита» подчеркивает, что это слой, населенный ныне живущими организмами. Любопытно, что геологи (Э. Зюсс и В. И. Вернадский) не ввели в термин «биосфера» частицу «гео», но это сделали ботаники Е. М. Лавренко, В. Н. Сукачев, Н. В. Дылис, предложившие термины «фитогеосфера», «биогеоценоз», «биогеосфера».

Понятие «витасфера» в том смысле, в котором мы здесь его используем, имеет биогеохимическое содержание. Оно обозначает особый структурный уровень биосферы, стоящий в одном ряду с биогеоценотическим. Витасфера – явление не только биологического, но и геологического порядка.

Геохимическое содержание понятия витасферы отличает его от чисто биологических понятий. С другой стороны, следует видеть грань между понятием витасфера и такими близкими к нему географическими понятиями, как географическая (ландшафтная) оболочка (А. А. Григорьев, С. В. Калесник, А. Г. Исаченко, В. Б. Сочава, Д. Л. Арманд), ландшафтная геосфера (Ф. Н. Мильков) и геохора (Ю. П. Бяллович). «Мощность» (толщина) витасферы не совпадает с толщиной географической оболочки или «мощностью» ландшафта.

В крайних условиях существования, когда живые организмы образуют тонкую или даже тончайшую «пленку жизни» (например, на поверхности скал) или встречаются в узком слое (например, в высокоширотных областях Арктики и Антарктики), «мощность» ландшафта значительно превышает толщину собственно биогеоценотического слоя. Далее, встречаются участки, в которых жизнь проявляется в чрезвычайно ослабленной форме (в исчезающей малой степени) – действующие вулканы, лавовые озера, стерильные участки вечных льдов в Арктике, Антарктике и высокогорьях, некоторые разности горячих пес-

чаных пустынь, особо соленые водоемы, молодые сели, молодые осыпи и размывы, молодые аллювии и ряд созданных человеком абиотических ландшафтов. Хотя такие участки занимают очень малую часть всей географической оболочки, но они все-таки существуют, представляя собой особый тип геосистем, и их изучение входит в область ландшафтоведения. В биохорологическом плане эти участки скорее должны быть отнесены к неполночленным, биологически открытым биогеоценозам, а некоторые из них, по выражению Н. В. Дылиса, представляют собой инициальные стадии в развитии биогеоценозов. По критерию «мощности» (толщины слоя) географическая оболочка практически совпадает с биосферой (в понимании В. И. Вернадского) как особой геосферой.

Понятия витасферы и географической оболочки различны и еще в одном отношении. По справедливому замечанию В. Б. Сочавы, в представлениях о географической оболочке и ее подразделениях (ландшафтах, фациях) особое внимание обращается на собственно абиотические компоненты, связи между которыми определяют тектонические явления, процессы эрозии, динамика воздушных масс и т. д. В понятии же витасферы и ее подразделений (биогеоценозов, экосистем разного порядка) ведущим является биоэнергетический аспект.

Наряду с витасферным и биогеоценотическим уровнями структурной организованности биосферы можно выделить еще один уровень – ландшафтно-геохимический. Основанием для данного уровня является наличие специфического геохимического круговорота химических элементов в ландшафтах как хорологических структурах, которые характеризуются общностью процессов миграции химических элементов.

Миграция химических элементов в ландшафте представляет собой совокупность многообразных процессов поглощения, вытеснения и перемещения атомов или их соединений почвами, грунтами, природными водами и организмами. Многообразные процессы, в которых участвуют атомы в каждой точке ландшафта, объединяются стоком в широком смысле этого понятия. Сток является необходимым условием миграции атомов в ландшафте и в целом в биосфере. В зависимости от напряженности ландшафтно-геохимических процессов и направления стока миграция элементов в ландшафте может привести либо к концентрированию, либо к рассеиванию атомов. Эффект концентрирования или рассеивания можно установить путем сравнения содержания того или иного элемента в конкретной точке ландшафта с его средним содержанием в ландшафте (ландшафтным кларком).

Общность процессов миграции в ландшафте определяется общностью факторов геохимической миграции (биологических, климатических, геологических, гидрологических, почвенных и др.). Роль различных факторов в миграции атомов неодинакова,

однако существенно то, что все они постоянно влияют на геохимические процессы, протекающие в ландшафте.

На любом участке суши сток может быть охарактеризован его составом, объемом и вектором. Однотипность или разнотипность стока может служить важнейшим критерием для объединения в иерархическую систему и классификации геохимических ландшафтов. Под однотипностью стока в ландшафтно-геохимическом смысле следует понимать существование сравнительно однородной структуры стока, т. е. сохранение определенного соотношения между объемом жидкого и твердого стока, а также сходство в химическом составе каждого вида стока. Вектор стока определяет сопряженность геохимических ландшафтов и, следовательно, наряду с составом и объемом стока является важным классификационным критерием.

По мере формирования твердого и жидкого стока и его прохождения по сопряженным геохимическим ландшафтам происходят изменения в объеме и химическом составе природных вод. Каждое такое изменение отражает всю совокупность процессов превращения веществ в ландшафте. Необходимо отметить два типа изменений в химическом составе вод дренируемых ландшафтов.

Первый – это постепенное нарастание или убывание концентрации тех или иных химических элементов по мере прохождения вод по однородной в ландшафтно-геохимическом отношении территории. Характер этих изменений зависит от многих условий (тип биогеоценоза, состояние растительного покрова, условия погоды, зональные особенности и т. д.). При этом чем больше и разнообразнее по геолого-геоморфологической структуре территория, тем сильнее изменение в химическом составе исходных растворов, поступивших в ландшафт.

Второй путь изменений состава вод представляет собой резкое нарушение их химизма на границе с другим геохимическим ландшафтом, причем эти границы выступают как геохимические рубежи или барьеры, препятствующие выносу веществ из одного ландшафта в другой.

Двум формам стока (твердому и жидкому) соответствуют различные барьеры. Миграция веществ в составе твердого стока определяется главным образом гидродинамическим фактором и в меньшей степени – биологическими, химическими и физико-химическими особенностями водной среды. Миграция веществ в жидком стоке в основном контролируется многообразными процессами поглощения и вытеснения веществ почвами, грунтами и организмами с последующим растворением и переносом их, т. е. определяется совокупностью факторов, игравших второстепенную роль при формировании твердого стока. Поэтому геохимические барьеры для веществ, мигрирующих преимущественно в составе твердого стока, представляют собой различные преграды, нарушающие гидродинамику потока (снижение скоростей потока

вследствие изменения рельефа ложа потока или сечения потока, изменения в объеме стока и ряд других причин). Геохимические барьеры для веществ, мигрирующих в жидком стоке, представляют собой участки, резко отличающиеся по своим химическим, физико-химическим и биологическим свойствам от свойств выше расположенной водосборной площади.

Геохимические барьеры – это зоны повышенных концентраций тех или иных химических элементов по сравнению с ландшафтным кларком.

Биологический круговорот химических элементов (т. е. круговорот, связанный с поглощением и выделением элементов организмами) играет огромную, а подчас и решающую роль в формировании геохимических барьеров и миграции элементов из одного ландшафта в другой. Дело в том, что элементы, вовлеченные в биологический круговорот, прочно удерживаются в нем, и лишь малая доля от всей массы подвижных веществ попадает в грунтовый поток. Это определяется, с одной стороны, захватом этих элементов в биологический круговорот и образованием аккумулятивных гумусовых горизонтов, а с другой – формированием иллювиальных горизонтов и ортзандовых прослоек в почвах, представляющих собой своеобразные экраны, не допускающие сильного выноса элементов в почвенно-грунтовый поток.

Свойство организмов удерживать химические элементы в биологическом круговороте уже было отмечено К. Бэром, изучавшим круговорот атомов углерода и азота. Оно было названо им «законом бережливости». Этому закону В. И. Вернадский придавал исключительно важное значение и сформулировал его следующим образом: «Можно говорить об атомах, остающихся в пределах живой материи в течение геологических периодов, все время находящихся в движении и миграции, но не выходящих назад в косную материю». Атом, захваченный живым веществом, как бы непрерывно передается «с рук на руки» от одного организма к другому, не покидая биологического круговорота.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

А теперь хочется сделать небольшое лирическое отступление и рассказать об одном «казусе», который связан с введением в науку понятия ландшафтно-геохимического барьера, и приключился с автором этих строк.

В 1961 году на Урале в Ильменском заповеднике на биостанции «Миассово» готовилась и была проведена под руководством Н. В. Тимофеева-Ресовского небольшая конференция по кругу вопросов и результатам работы его лаборатории, научное направление которой шутя окрестили как «вернадскология с сукачевским уклоном». Случилось удивительное. Тезисы двух присланных докладов были настолько близки, что организаторы подозревали взаимную договоренность между авторами. Это были доклады о

так называемых «барьерах» – А. И. Перельмана и вашего покорного слуги. Разница между докладами состояла в том, что в докладе Перельмана говорилось о геохимических барьерах (этот термин был введен геохимиком Щербиной в 1940 году), а в моем – о ландшафтно-геохимических барьерах. По существу же доклады были разные, но взаимодополняющие, комплиментарные. А. И. Перельман говорил о механизмах «барьерообразования». Кстати сказать, в это время готовилось издание его книги «Геохимия ландшафта». К этим механизмам он относил такие явления как смена окислительно-восстановительного режима, щелочно-кислотных условий, появление на пути стока больших количеств органики и т. д. В моем же сообщении речь шла о не механизмах, а о топографии барьеров, т. е. в каком месте ландшафта располагаются барьеры. Своим докладом я стремился показать современную жизнь ландшафта и, особенно, почв. Так еще раз была продемонстрирована встречность научных идей, которые, как говаривают в науке, тогда «носились в воздухе». А моя статья о ландшафтно-геохимических барьерах «Роль ландшафтно-геохимических барьеров в миграции химических элементов в географической оболочке» увидела свет только спустя 3 года, в 1964 году. Сегодняшняя проблема Чернобыля и вообще любых загрязнений в окружающей среде может быть решена только с позиций геохимии ландшафта, этого еще одного выдающегося достижения российской науки.

Рассмотрим для примера целый каскад ландшафтно-геохимических барьеров, который встречается на пути миграции элементов в бассейнах Волги и Дона.

За исходную точку миграции элементов можно принять любой из участков песчаной дюны, покрытый лесом в зандровых полесьях, широко распространенных в бассейнах этих рек. Биологический круговорот в биогеоценозах, располагающихся на этих участках, характеризуется высокой напряженностью, однако вынос химических элементов невелик, так как их основная масса удерживается в пределах биологического круговорота. Часть элементов, поступившая в почвенно-грунтовые воды, движется в направлении от водораздела в сторону долины реки.

Поскольку ландшафты зандровых полесий представляют собой комплекс чередующихся в пространстве песчаных грив и заболоченных межгривных западин, то первой ландшафтно-геохимической преградой на пути почвенно-грунтовых вод, выносящих растворенные вещества, становится зона контакта песчаной дюны с заболоченной западиной. Этот первый ландшафтно-геохимический барьер географически соответствует границам фаций или урочищ.

По физическим, физико-химическим и биологическим особенностям заболоченные западины резко отличаются от сосед-

них песчаных гряд. Песчаный субстрат грив беден запасами элементов зольного питания растений. В результате застоя вод в западине происходит заболачивание почвы. По мере развития болота слой торфа нарастает, достигая в некоторых местах мощности в 2–3 м. Так, если первоначальная разница в высоте между вершиной песчаной гривы и соседней западины составляла 1–4 м, то в результате торфообразования эта разница сильно уменьшается, а в ряде случаев заболачивание захватывает и поверхность песчаной гривы, приводя к смене биоценоза. Нарастание торфяной толщи захватывает почвенно-грунтовой поток все большего сечения, и, следовательно, все большая масса растворенных в воде веществ приходит в соприкосновение с торфяными слоями.

По физико-химическим и физическим свойствам торф и торфяные почвы резко отличаются от песчаных подзолистых почв. Песчаный субстрат подзолистых почв хорошо проницаем для воды и воздуха. Поэтому в этих почвах, как правило, господствуют окислительные процессы, движение потока почвенно-грунтовых вод значительно. В торфах и торфяных почвах движение почвенно-грунтового потока резко замедляется из-за низкой фильтрационной способности торфа, участок постоянно увлажнен. В болоте господствуют восстановительные процессы, в результате которых почвы оглеены (т. е. имеют зеленый, голубой или сизо-ржавый оттенок из-за постоянного превращения трехвалентного железа в двухвалентное).

Таким образом, песчаная грива представляет собой один элементарный ландшафт, а болото – другой, при этом зона контакта между ними является резко выраженной физико-химической границей. Естественно, в этой пограничной зоне происходят резкие изменения в химическом составе почвенно-грунтовых вод дренируемых песчаных гряд. Об этом можно судить как по сравнительному составу вод на песчаной гриве и в болоте, так и по тем отложениям минеральных соединений, какие наблюдаются в периферийной зоне болота (болотная железная руда, отложения фосфорнокислых солей в виде вивианита, отложения карбоната кальция и железа в виде известкового туфа, сидерита и т. д.). В зоне контакта формируются почвы, несущие черты геохимической аккумуляции (перегнойно-железисто-глеевые и торфянисто-железисто-глеевые, перегнойно-карбонатные оглеенные).

Зона контакта песчаной гривы с заболоченной межгривной западиной, расположенной на одном геоморфологическом уровне (водораздел или терраса) оказывается первым геохимическим барьером на пути выноса веществ в дренажную сеть или в постоянно действующий поток. Значение этого барьера необычайно велико, ибо в нем задерживается огромная масса веществ, мигрирующих в ландшафте. Первый ландшафтно-геохимический барьер густой сетью покрывает всю площадь зандровых полесий. «Пау-

тина» этого барьера – основная преграда выносимым из ландшафта веществам.

Преодолев этот барьер, грунтовый поток, дренирующий водораздельные ландшафты, выносит небольшую часть растворенных веществ в пойму. Притеррасные поймы, сопутствующие рекам на всем их протяжении – новый крупный ландшафтно-геохимический барьер, встающий на пути потока, несущего растворенные вещества с водораздела.

Притеррасные поймы – это аккумулятивные части ландшафта, географически соответствующие границам урочищ и ландшафтов. Показателем «заградительной» роли притеррасных болот в таежной зоне могут служить многочисленные отложения болотной руды, трепела, вивианита, известкового туфа, а в южных широтах к ним приурочены аккумуляции легкорастворимых солей. Можно полагать, что опресненность вод рек Русской равнины в значительной степени обусловлена многочисленными природными фильтрами – ландшафтно-геохимическими барьерами, стоящими на пути движения элементов в почвенно-грунтовом потоке.

Поступление веществ в русловый поток, казалось бы, должен гарантировать транзитный сток веществ в море. Однако мощные биологические фильтры в виде пресноводных фито- и зооценозов поглощают огромные количества веществ и сводят транзитный сток к минимуму. Этот процесс осаждения веществ в водах рек и водоемах многообразен и состоит из биологического поглощения организмами, адсорбции органическими и минеральными коллоидами и ряда других явлений. В этом смысле русла рек с их биологическими и физико-химическими процессами могут рассматриваться как своеобразный подвижный ландшафтно-геохимический барьер.

Последним ландшафтно-геохимическим барьером на пути растворенных веществ, выносимых в море, являются дельта и шельфовая область моря. Кроме механического осаждения вещества в этих областях, огромная роль удержания вещества в биологическом круговороте принадлежит фито- и зоопланктону, а также бентосу и другим обитателям моря. Достаточно сказать, что основная масса биологической продукции Каспия сосредоточена в придельтовой области Волги.

Таким образом, из огромной массы веществ, ежегодно растворяющихся в ландшафтах Волжского бассейна, до моря доходит ничтожно малая часть. Нельзя не признать, что живому веществу принадлежит выдающаяся роль в создании и обеспечении «заградительной функции» ландшафтно-геохимических барьеров. Исследование этих барьеров заслуживает самого пристального внимания, так как от их заградительной силы зависит уровень разнообразного (в том числе радиоактивного) загрязнения почв и водоемов.

К сожалению, грандиозные мелиоративные работы, сплошная вырубка лесных массивов, строительство гигантских плотин и

общее сокращение живого населения бассейна рек и водоемов ведет к разрушению ландшафтно-геохимических барьеров, появление которых является крупными «метками» в геологической летописи планеты. Эрозия почв и снижение биопродуктивности – таковы последствия разрушения ландшафтно-геохимической мозаики континента.

Теперь же вернемся к главной теме этой главы – к уровням организованности биосферы. Кроме витасферного, биогеоценологического и ландшафтно-геохимического следует выделить еще один – почвенный – структурный уровень организованности биосферы.

Почвы представляют собой особое биокосное тело природы, выполняющее функцию следящей и управляющей системы биогеоценоза. В почвах замыкаются, сходятся в фокус все многообразные процессы, протекающие в биосфере. «Именно здесь, в почвах, – писал Б. Б. Полынов, – сосредоточена геологическая работа живого вещества, именно в почвах готовится тот материал континентальных и морских отложений, из которого в дальнейшем образуются новые породы. Но в то же время в почвах в наибольшей степени сосредоточены и те процессы, совокупность которых обусловливает эволюцию органического мира. Здесь разыгрываются многообразные формы борьбы за существование и приспособления организмов к изменяющимся условиям их жизни, создаются многообразные сообщества (биоценозы) и формируются новые виды многочисленных низших организмов и высших растений. Этим определяется значение в естествознании и новой области явлений – почвенной пленки, и новой посвященной ей науке – почвоведения»[1] .

Таким образом, мы выделили четыре структурных уровня организованности биосферы. Как мы уже упоминали, Н. В. Тимофеев-Ресовский говорил о том, что выявление биохорологических единиц обязательно требует выявления основных природных факторов их формирования, а также элементарных явлений и элементарных процессов, являющихся субстанциональной основой соответствующих биохорологических единиц. Подобная работа была проделана в докучаевском почвоведении.

Природные факторы процесса почвообразования уже были выявлены предшественниками В. В. Докучаева. Его выдающаяся заслуга заключается в том, что он выработал принципиально новый подход к вопросу о факторах почвообразования. Он неоднократно подчеркивал необходимость совокупного (комплексного, как принято сейчас говорить) действия всех этих факторов, которые лишь в результате совместного действия формируют почву как особое природное тело. «Все эти агенты-почвообразователи, – писал он, – в сущности, совершенно равнозначные величины и принимают равноправное участие в об-

---

[1] *Полынов Б. Б.* Избранные труды. М., 1956. С. 411.

разовании нормальной почвы»[1]. Поэтому все признаки почв должны быть признаны одинаково существенными, все они находятся в теснейшей генетической связи и имеют силу до тех пор, пока действуют совместно, в известной группировке, и, следовательно, рассматривать их следует не порознь, а всегда во взаимной связи. Из всего комплекса факторов, выделенных В. В. Докучаевым, – материнские горные породы, климат, поверхностные и грунтовые воды, рельеф местности, органический мир (растения, животные и микроорганизмы) и время (возраст почв), – наименее изученным, к сожалению, остается последний фактор – возраст почв.

Хорологический принцип, т. е. распространение различных типов и подтипов почв в пространстве, относится к области географии почв. Как отмечал В. В. Докучаев, изучение географического распространения почв вместе с практической задачей оценки их биопродуктивности было важнейшим стимулом к созданию науки о почве. Нельзя не признать, что одним из самых существенных недостатков современного сельскохозяйствования стало полное игнорирование природной биохорологической характеристики почв. Природная биохорологическая мозаика типов и подтипов почв и их распространения есть один из наиболее фундаментальных законов жизни почв. Современный же человек, нарушая этот закон, повсеместно унифицирует почвы с целью удобства их механической и химической обработки, тем самым создавая определенный конфликт с природой.

Неоднородность лика Земли, т. е. неоднородность биосферы, определили неоднородность почвенного покрова планеты, который по мере развития сам стал важнейшей характеристикой неоднородности биосферы. В. В. Докучаев первый осознал, что мозаика почвенного покрова – это следствие разного происхождения почв, их генезиса, вызванного тем или иным сочетанием факторов почвообразования. В этом смысле основная заслуга В. В. Докучаева состоит в открытии географо-генетического метода как основного метода почвоведения.

В почвоведении была проведена работа по выявлению элементарных процессов почвообразования. П. С. Коссович выделил шесть типов почвообразования – пустынный, сухостепной, степной, лесо-луговой, тундровый и тропическо-субтропический. Каждый тип почвообразования отражает особенности протекания взаимосвязанных процессов гумусообразования, выщелачивания, разрушения почвенных минералов и т. д. в соответствующих климатических условиях и при определенных физических свойствах исходной (материнской) горной породы.

---

[1] *Докучаев В. В.* Избранные сочинения. М., 1949. Т. 3. С. 323.

Тип почвообразования обусловливает возникновение и соответствующего типа почв.

К. К. Гедройц показал, что в образовании того или иного типа почв (или при переходе от одного типа к другому) активную роль играет поглощение почвой катионов (кальция, магния, натрия и пр.) и обмен одних катионов на другие. Так, например, избыток в почвенных растворах натрия может привести к вытеснению кальция натрием и превращению каштановой почвы или солончака в солонец.

Развивая эти идеи, А. А. Роде предложил выделить две группы почвенных процессов: макро- и микропроцессы. Процессы гумификации, выщелачивания, разрушения и синтеза минералов образуют группу микропроцессов. А ко второй группе (макропроцессы) относятся оглеение, оподзоливание и другие процессы, определяющие характер почвенных горизонтов. Эту вторую группу стали рассматривать как группу элементарных почвенных процессов.

В соответствии с разными комбинациями факторов почвообразования на планете возникают разные типы почвообразовательных процессов и соответствующие им разные типы почв со своей особой морфологией, химическим составом, водно-воздушным режимом, биологическими особенностями и т. д.

Среди основных типов почвообразования можно выделить тундровый, подзолистый, болотный, черноземный, сероземный, луговой, дерновый, латеритный, красноземный, мерзлототаежный, пустынный и другие. В зависимости от природных условий могут сосуществовать несколько разных процессов почвообразования. Например, так возникают дерново-луговые, дерново-подзолистые, лугово-черноземные, красноземно-подзолистые почвы и т. д.

Выделить почвы, которые можно считать эталонами, очень трудно, ибо на площади всегда доминируют различные переходные разновидности. Так, в лесной области средней и южной тайги доминируют различные подтипы подзолистых почв, а собственно подзолы встречаются редко.

Отсутствие резких переходов между разными почвами всегда затрудняло выделение почвенных контуров на карте, однако опытные почвоведы с этой задачей справляются успешно.

В современном почвоведении, как и в других науках биосферного класса, происходит сложный процесс поиска качественно новых подходов к исследованию почв, в основном нацеленных на разработку общих и конкретных вопросов бонитировки. Докучаевская историко-генетическая концепция изучения почв получает новый импульс развития благодаря современным методам и приборам для исследований.

Сейчас наступает время дополнить генетико-типологический подход к почвам изучением разного рода фенетико-экологических

неоднородностей в составе и свойствах почв. Подчеркиваем, что речь идет о дополнительных, встречных направлениях, объединенных приоритетом докучаевского историко-генетического подхода к эволюции и генетике. Генетика была и остается доминантой над фенетикой и экологией. Точно так же и в почвах, и в почвоведении генезис почв остается доминантой над фенетико-экологическими, в том числе «молодыми», свойствами, вызванными хозяйственной деятельностью человека. Это обусловлено не только логикой развития науки о почве, но и реальной человеческой практикой. Почвенный покров планеты, ее «кожа» (геодерма) испытывает в наши дни мощный прессинг человеческой деятельности. Мы приближаемся к такому состоянию, когда каждый клочок земли, покрытый почвой, становится не только материально производительной силой, но и моральным символом процветания человечества и плодородия почв.

В русском почвоведении принято описывать почвы в богатейшей гамме красок. Не каждый может быть настоящим почвоведом. Эту гамму красок бездушному не понять, как и не освоить грузинское многоголосие. Почвоведение начинается и кончается чувствами. Культура человечества определяется отношением к почве.

Почве присущи два уникальных планетарных процесса – гумусообразование и глинообразование. Глина и гумус – вещества, богатые химической энергией. Их структура по сложности не уступает структуре белков. Причем гумусовые макромолекулы построены на углеродной основе, а глины – на кремниевой или алюмокремниевой основе. На образование глины уходит часть энергии, накопленной живым веществом. Глины отлагаются в глубине, в толще Земли. Сконцентрированная в глинах энергия в последующие эпохи разогревает толщу Земли.

Синтез гумуса и глин – одна из загадок функционирования живого вещества на планете. Здесь огромное поле для раздумий об энергетике биосферы. Добавим только, что глино- и гумусообразование происходят в почвах и илах не стерильно, а обязательно при участии микроорганизмов и других форм жизни.

Почва – удивительное образование биосферы, «кладовая жизни». Именно в почве находится «управляющая система» биогеоценоза, мы же привыкли смотреть на почву как на некий необходимый субстрат для получения урожая, забывая о ее биогеохимической роли в биосфере, складывающейся миллионы лет в течение всей эволюции самой биосферы.

Так в сложной архитектонике биосферы проявляют себя основные структурные уровни организованности биосферы. Их сопряженная эволюция является «маховиком», раскручивающим спираль эволюции биосферы.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

О некоторых принципах классификации биохорологических единиц[1]

Из истории точного естествознания мы знаем, какую большую роль в его развитии играет вскрытие и определение элементарных единиц и явлений, характерных для материала данного раздела науки, а также строгая формулировка основных понятий и принципов построения классификационных систем. В этом отношении во многих разделах биологии дело обстоит до сих пор неблагополучно. Элементарные явления и единицы вскрыты и определены с достаточной точностью лишь в некоторых отраслях современной экспериментальной биологии и биофизики; столь же редко биологи оперируют со строго и однозначно формулированными понятиями. Даже одна из старейших биологических дисциплин – систематика, по самой своей природе требующая строгой формулировки понятий и стройности классификационной системы, только в последнее время и лишь в некоторых разделах зоологии начинает удовлетворять предъявляемым к естественноисторическим дисциплинам требованиям. Особенно неблагополучно, пожалуй, дело обстоит в биохорологических дисциплинах, занимающихся изучением и классификацией территорий, населенных сообществами живых организмов, и самих этих сообществ. Даже в основной хорологической дисциплине – географии (ландшафтоведении) лишь относительно недавно начались теоретические дискуссии, имеющие целью выявление и точное определение элементарной географической единицы (элементарный ландшафт или фация) и разработку принципов географического районирования и классификации территорий.

Вместе с тем биохорологические дисциплины, изучающие изменчивые, сложные и неясно отграниченные друг от друга природные комплексы (притом с разных точек зрения), особенно нуждаются в тщательном теоретическом анализе материала, строгой формулировке основных понятий и определении принципов построения классификационных систем. Благодаря применению биогеографами, биоценологами и экологами, принадлежащими к разным школам, преимущественно эмпирически-описательных методов, отсутствию в большинстве работ достаточно строгого теоретического анализа, а также терминологической несогласованности между различными биохорологическими дисциплинами, в последних царит большой разнобой и неясность в области определения понятий, принципов классификации и терминологии.

---

[1] Печ. по: Труды Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. 1961. Вып. 27. С. 23–28.

Многие споры и дискуссии оказываются четко безнадежными и беспредметными из-за отсутствия достаточно точных определений единиц изучаемого материала и достаточно строгих формулировок основных понятий.

География (ландшафтоведение), некоторые разделы геохимии и почвоведения, а также все биохорологические дисциплины (разные разделы биогеографии, биоценологии и типологии сообществ и территорий) имеют своим предметом изучение (с разных точек зрения) населенной живыми организмами оболочки Земли. Вся населенная живыми организмами территория и акватория Земли («живая» биосфера – по Вернадскому, 1926, или фитогеосфера – по Лавренко, 1949) может быть подразделена на достаточно точно определимые, элементарные пространственные единицы, в пределах разумных биохорологических понятий не поддающиеся дальнейшему подразделению. Такие элементарные биохорологические единицы желательно положить в основу теоретической формулировки понятий и определения принципов классификации в пределах всех биохорологических дисциплин. Различные дисциплины (география, биогеография, биоценология, типология сообществ и территорий) должны при этом определить свои основные единицы и собственные принципы классификационных систем.

На Земле жизнь фактически всегда представлена более или менее сложными сообществами разных живых организмов (биоценозами), занимающими определенное пространство; это пространство характеризуется комплексом физико-географических условий (в широком смысле слова, включающем климатические, гидрологические и почвенно-геохимические условия), с которыми и между собой организмы сообщества связаны эдафически-адаптационными связями. Подобные сообщества организмов, занимающие в биосфере Земли определенные пространства, находятся в каждый данный момент в состоянии подвижного динамического равновесия составляющих компонентов. Это динамическое равновесие сдвигается или нарушается при изменениях состава сообщества или биотических и абиотических условий. Флуктуирующие обратимые изменения состава и условий существования биоценозов ведут к соответствующим, более или менее длительным или кратковременным (в зависимости от характера сообщества и изменений условий) количественным колебаниям в общей биомассе и составе сообществ и волнам жизни отдельных видов. Долговременные и векторизованные изменения состава сообщества или физико-географических условий лежат в основе эволюции биоценозов, направляемой естественным отбором по путям адаптаций, дифференцировок или упрощений.

Биосферой В. И. Вернадский (1926, 1942) назвал ту оболочку Земли, в формировании которой организмы играли и играют существенную роль. В нее входит как та оболочка, которая в дан-

ный момент населена живыми организмами (включающая нижние слои тропосферы, большую часть гидросферы и верхние слои коры выветривания), или «живая часть биосферы» (примерно соответствующая фитогеосфере Е. М. Лавренко), так и область «былых биосфер», то есть почти вся атмосфера, все природные воды, вся кора выветривания и все в той или иной мере биогенные горные породы. Живая часть биосферы населена различными сообществами живых организмов, производящих огромную геохимическую работу; В. И. Вернадский указал, что во все возрастающей степени в эту геохимическую работу включается человек с его хозяйственно-промышленной деятельностью («ноосфера» – по Вернадскому, 1944). Изучением результатов геохимической деятельности живых организмов занимается особый, выделенный В. И. Вернадским (1940) раздел геохимии – биогеохимия; географо-хорологической проекцией геохимии является основанное Б. Б. Полыновым (1946) и А. П. Виноградовым (1938, 1939, 1945, 1946) и успешно развиваемое А. И. Перельманом (1955) учение о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях. Биогеохимия, а также учение о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях являются, по материалу и методике, дисциплинами геохимическими, со своим географическим аспектом. Дополняющей их «встречной» биологической дисциплиной является основанная и развиваемая В. Н. Сукачевым (1942, 1945, 1947, 1949) и его школой биогеоценология. Основной единицей предмета исследований этой дисциплины является находящаяся в состоянии динамического равновесия совокупность биоценоза и его местообитания (биотопа), в которой все компоненты связаны между собой и с элементами среды эдафически-адаптационными отношениями. Она названа В. Н. Сукачевым «биогеоценозом». Одной из основных задач биогеоценологии является изучение круговорота веществ и энергии в биогеоценозе и обмена между соседними биогеоценозами. Разрешению этой задачи может способствовать экспериментальная биогеоценология, имеющая своим предметом изучение не только природных биогеоценозов, но и соответствующих экспериментальных моделей. Биогеоценоз является, таким образом, основной ячейкой биогеохимической работы в биосфере.

Биогеоценозом В. Н. Сукачев, следовательно, называет совокупность определенного биоценоза с населяемым им биотопом, то есть совокупность всех биотических и абиотических компонентов, входящих в биохорологическую единицу и характеризующихся определенными связями друг с другом, а также определенным типом обмена веществ и энергии, в том или ином отношении отличающимся от такового других биогеоценозов; все компоненты биогеоценоза находятся в состоянии динамического равновесия, могущего флуктуировать и, при изменении определенных компонентов или условий, переходить в иное состояние динамического

равновесия. В дополнение и развитие определений В. Н. Сукачева общей элементарной биохорологической единицей можно считать «элементарный биогеоценоз»[1]; последний можно определить как биохорологическую единицу (биогеоценоз), внутри которой не проходит ни одной существенной биоценологической, геоморфологической, гидрологической, микроклиматической и почвенно-геохимической границы. Такой элементарный биогеоценоз является, по нашему мнению, единственной теоретически достаточно обоснованной элементарной биохорологической единицей в пределах биосферы.

Только что данное нами определение понятия «элементарный биогеоценоз» можно считать достаточно строгим и точным. Теоретически это понятие основывается на всей совокупности описательных и экспериментальных биогеоценологических исследований. Практическое же установление границ между элементарными биогеоценозами наталкивается на целый ряд трудностей. Это не удивительно и не имеет место во всех случаях анализа сложных и комплексных природных явлений. Такие трудности, однако, не умаляют значения самого понятия «элементарный биогеоценоз»; они ведут лишь к неизбежной неточности и неполноте практического, полевого применения, которые будут уменьшаться по мере накопления наших фактических знаний в областях деталей фаунистики, флористики, биоценологии, геоморфологии, учения о стоке, почвоведения, геохимии и физической географии определенных ограниченных участков Земли. Для развития же различных биохорологических дисциплин совершенно необходимо теоретически обосновываться на достаточно строго определенном понятии элементарной биохорологической единицы. В пределах биогеоценологии, как особой дисциплины, должна, конечно, производиться дальнейшая работа по уточнению и обоснованию понятия «элементарный биогеоценоз». При этом в исследование должны вовлекаться не только хорологические, но и динамико-временные критерии; последние в основном должны рассматриваться по отношению к количественно доминирующим, а также качественно характерным компонентам соответствующих биоценозов.

Элементарный биогеоценоз является наиболее дробной единицей огромного и сложного комплекса, образующего биосферу Земли. Он является элементарной ячейкой протекания биогеохимических, биоценотических и биогеографических процессов. Теоретическое понятие «элементарный биогеоценоз» должно поэтому

---

[1] Позже Н. В. Тимофеев-Ресовский под влиянием В. Н. Сукачева отказался от понятия «элементарный биогеоценоз», считая биогеоценоз – элементарной биохорологической единицей. См. об этом выше по тексту переписку Н. В. Тимофеева-Ресовского и В. Н. Сукачева.

лежать в основе и учитываться при построении классификационных систем не только в самой биогеоценологии, но также в разных разделах биоценологии (включающей фитоценологию, зооценологию, гидроценологию и типологию различных, по тем или иным причинам особо выделяемым, сообществ), в биогеографии, биогеохимии, почвоведении и ландшафтоведении. Надо, однако, подчеркнуть, что, несмотря на общность элементарных биохорологических единиц (элементарные биогеоценозы) в материале или предмете исследования всех этих дисциплин, они, в соответствии со спецификой, должны выделять свои основные единицы, и их классификационные системы должны строиться по-разному.

В пределах биогеоценологии, как особой дисциплины, основными задачами являются выделение возможно большего числа различных элементарных биогеоценозов, детальное изучение их биоценологической, геохимической и энергетической динамики, а также построение своей классификационной системы. Классификационная система в биогеоценологии должна основываться, главным образом, на типах геохимической работы биогеоценозов и типах сообществ; она, таким образом, является в основном типологической, а не пространственной классификацией. Также в основном типологическими являются системы различных биоценологических классификаций, основанных на типах сообществ. При этом в состав соответствующих низших категорий могут войти несколько смежных биогеоценозов. В практических типологиях (таких, например, как типология лесов, лугов, болот) классификационные системы целесообразно, по-видимому, строить по смешанному биоценологически-географическому принципу.

В типологических классификационных системах биогеоценологии и биоценологии (с практическими типологиями) высшими систематическими единицами могут являться географо-хорологически определяемые территории. В географии (ландшафтоведении основной задачей является чисто хорологическое, пространственное районирование земной поверхности; при этом не только высшие категории, но и вся система единиц основывается на хорологическом принципе территориальной смежности. На принципиальные различия между типологической системой биогеоценологии и чисто хорологической системой географии в свое время указывал В. Н. Сукачев (1949). Основной низшей систематической единицей в географии (элементарный ландшафт или фация – по Бергу, 1945) не обязательно должен быть элементарный биогеоценоз; может быть, элементарным ландшафтом следует считать физико-географически (ландшафтологически и геоморфологически) объединенную группу территориально смежных элементарных биогеоценозов. В учениях о биогеохимических провинциях и геохимических ландшафтах основной элементарной единицей должен являться элементарный биогеоценоз; система же более высоких

категорий должна, по-видимому, строиться по хорологическому принципу.

Наконец, особенно сложной, хотя, на первый взгляд, наиболее разработанной и устоявшейся, является проблема классификации биогеографических единиц. Большинство биогеографов считает, вместе с Л. С. Бергом, биогеографию чисто географической дисциплиной, задачей которой является пространственное районирование Земли, производимое по признакам населяющих ее фаун и флор. Значительное осложнение вносится, однако, тем, что на характер населяющих определенные пространства фаун и флор влияют принципиально разные условия; с одной стороны, это современные физико-географические и биоценотические условия, а с другой стороны, происхождение, возраст и история расселения различных типов фаунистических и флористических комплексов. Поэтому возможно, что будущее развитие биогеографических систем пойдет по пути встречи и комбинирования различных классификационных принципов: биогеоценологического, географического и принципа генетической типологии фаун и флор. Высшие единицы (области) будут всегда определяться геологической историей соответствующих материков и океанов. Далее, должен (при характеристике и подразделениях областей) получить развитие выдвинутый П. П. Сушкиным (1925), А. И. Толмачевым (1958) и, в особенности, Б. К. Штегманом (1938) принцип генетических типов фаун и флор, расселяющихся из определенных очагов происхождения (исторического формирования) и комбинирующихся друг с другом по-разному на различных территориях внутри области; часто (но не всегда) основные территории, населяемые определенными типами фаун и флор, будут совпадать с наиболее крупными современными географическими подразделениями (ландшафтными зонами), а дальнейшее более дробное (и всегда в известной мере формальное) подразделение области будет производиться по смешанному принципу применения средних географических категорий и статистического метода С. Экмана. Низшими единицами биогеографии будут служить биогеоценозы; они, несомненно, являются теми элементарными ячейками, в которых мозаично комбинируются элементы разных типов фаун и флор на определенной большой территории. Биогеоценотические условия являются также элементарной основой изменения и эволюции биоценозов и тем самым формирования исходных очагов для возможного исторического развития новых или измененных типов фаун и флор.

Таким образом, мы приходим к следующим заключениям. В сложном комплексе биосферы Земли элементарной, далее неделимой, биохорологической единицей является элементарный биогеоценоз. Из него следует исходить и на нем строить основные единицы низших категорий во всех биохорологических и ландшафтологических дисциплинах; эти основные единицы могут, од-

нако, в разных дисциплинах не совпадать с отдельным элементарным биогеоценозом, а представлять собой ту или иную совокупность территориально смежных и объединенных определенным (зависящим от специальных задач соответствующей дисциплины) признаком, свойством или совокупностью признаков. Классификационные системы в разных дисциплинах должны строиться по-разному, исходя из типологического, хорологического или из комбинации того и другого принципов; при этом построение систем должно сопровождаться сравнительным анализом материала и классификационных принципов ряда смежных биохорологических и ландшафтологических дисциплин. В заключение необходимо подчеркнуть, что задачей настоящего краткого сообщения отнюдь не являлась попытка разработки классификационной системы в какой-либо из биохорологических дисциплин; в беглом обзоре невозможно обосновать даже их общие черты. Мы попытались лишь определить наиболее дробную элементарную биохорологическую единицу в биосфере Земли, общую для материала, подлежащего исследованию различными биохорологическими и ландшафтологическими дисциплинами; кроме того, было высказано убеждение о необходимости тесного теоретического контакта между различными биохорологическими дисциплинами и применения сравнительного метода, а также точного определения понятий при разработке их классификационных систем.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы[1]

I. Введение

§ 1. За последние годы в связи с широким внедрением в естествознание учения В. И. Вернадского о биосфере Земли и биогеоценотической концепции В. Н. Сукачева особую остроту приобрела проблема выявления и определения элементарных структур, слагающих биосферу. Решение этой проблемы позволит создать основы рациональной системы классификаций материала в различных естественноисторических дисциплинах, а впоследствии позволит осуществлять координацию этих классификаций, разработанных на разных принципах и материале, но имеющих в своей основе общую элементарную единицу. В настоящей работе поставлена задача выявления и определения таких биохорологиче-

[1] Написана в соавторстве с А. Н. Тюрюкановым. Печ. по: Бюл. Моск. общества испытателей природы. Отд. биологии. Т. LXXI (1). 1966.

ских единиц, а также обсуждается их значение в классификации материала, изучаемого в различных биологических и географических дисциплинах.

§ 2. Как известно, переход от чисто эмпирического изучения к построению точных теоретических основ связан в естествознании с выявлением и достаточно строгой формулировкой элементарных структур и процессов на том природном материале, который подлежит исследованию данной дисциплиной. Это позволяет успешно применять логико-математический аппарат и создавать соответствующие теоретические дисциплины, чрезвычайно обогащающие, углубляющие и ускоряющие развитие этих наук. В биологии в связи с комплексностью и большой изменчивостью ее объектов (живых организмов и их сообществ) до сих пор не только не создана теоретическая биология (эквивалентная теоретической физике), но даже не выявлены и с достаточной строгостью не определены элементарные структуры и процессы на разных уровнях организации и изучения жизни в биосфере.

§ 3. В организации, а в связи с этим и изучении жизни на Земле можно выделить по крайней мере четыре основных уровня.

Первым является молекулярно-генетический уровень, включающий основные внутриклеточные управляющие системы (хромосомы и некоторые другие органеллы и биологически активные макромолекулы), которые осуществляют ауторепродукцию клеток и организмов и передают наследственную информацию от поколения к поколению. Эти же управляющие системы через изменение своих структурных элементов (мутации) определяют наследственную изменчивость, лежащую в основе эволюционного процесса. На втором – онтогенетическом уровне (теоретически наименее ясном) осуществляется развитие особей и протекание в них жизненных процессов, определяемых в основном кодом наследственной информации. Онтогенез организмов совершается, по-видимому, вследствие существования саморегулирующейся иерархической системы управляющих систем, определяющей согласованную реализацию наследственных признаков и свойств и работу управляющих систем во времени и пространстве в пределах особи. Третий уровень – популяционный, на котором в совокупностях особей одного вида, населяющих определенную территорию и в той или иной степени изолированных от таких же соседних совокупностей (популяций), в ряду поколений протекает исторический процесс изменения форм организмов, в конечном итоге приводящий к видообразованию и эволюционному прогрессу, что отражено в филогенетической системе этих форм. Наконец, четвертый – биохорологический, или биосферный, уровень жизни – включает определенные сообщества организмов разных видов, находящихся в сложных взаимоотношениях

как между собой, так и с косными компонентами среды. Эти взаимодействия обусловливают грандиозный биогеохимический круговорот вещества и энергии в биосфере нашей планеты.

§ 4. К сожалению, в большинстве разделов биологии с выделением и определением элементарных единиц и явлений дело обстоит до сих пор неблагополучно. Это относится также и к формулировке основных понятий и принципов классификационных систем. Элементарные единицы и явления вскрыты и определены с достаточной точностью лишь в некоторых областях экспериментальной биологии (в генетике и в некоторых разделах биофизики и биохимии), т. е. на первом уровне организации и изучения жизни. За последние десятилетия в результате внедрения принципов современной генетики в эволюционное учение вычленены элементарные структуры (популяции) и элементарные явления (изменения генетического состава популяций) в области микроэволюционных процессов, ведущих к видообразованию. В большинстве же областей биологии не только не выявлены элементарные структуры и процессы, но, к сожалению, не существует достаточно точных и однозначных систем понятий. Даже одна из старейших биологических дисциплин – систематика, требующая строгой формулировки понятий и стройности классификационной системы, только в последнее время, и то лишь в некоторых разделах зоологии, начинает удовлетворять предъявляемые к естественноисторическим дисциплинам требования. Особенно неблагополучно обстоит дело в биохорологических дисциплинах, изучающих и классифицирующих участки поверхности Земли по характеру населяющих их сообществ организмов или распределению отдельных таксонов (ареалы); сюда же относятся дисциплины, изучающие и классифицирующие сообщества организмов по характеру их структуры, состава и вещественно-энергетического круговорота. Неблагополучное положение усугубляется еще и тем, что в основной хорологической дисциплине – географии (ландшафтоведении) – лишь относительно недавно начались теоретические дискуссии, имеющие целью выявление и точное определение элементарной географической единицы (элементарный географический ландшафт или фация). Соответственно на раннем этапе находится разработка принципов географического районирования и классификации территорий. Биохорологические дисциплины, имеющие дело с изменчивыми сложными и неясно отграниченными друг от друга природными комплексами, особенно нуждаются в тщательном теоретическом анализе материала, строгой формулировке основных понятий и определении основ для построения классификационных систем. Отсутствие в большинстве работ достаточно строгого теоретического анализа и терминологической согласованности, вызванных принадлежностью исследователей к разным научным школам, привело к крайнему разнобою и неяс-

ности при определении понятий, терминов, и принципов классификации.

§ 5. На поверхности нашей планеты «живое вещество» (термин В. И. Вернадского) фактически всегда представлено в виде сложных сообществ из различных видов организмов (биоценозов), занимающих определенное пространство, на котором совершается характерный для данного сообщества по объему и составу вещественно-энергетический круговорот. Это пространство характеризуется комплексом физико-географических условий (в широком смысле слова, включающем климатические, гидрологические и почвенно-геохимические условия), с которым организмы данного сообщества связаны сложными эдафическими, трофическими и адаптационными связями; такими же связями организмы сообщества связаны между собой (хищник – жертва, паразитизм, симбиоз, аллеопатия и т. д.). Сообщества организмов (биоценозы), занимающие определенное пространство, находятся в относительно устойчивом (на протяжении ряда поколений) состоянии, условно рассматриваемом нами как состояние динамического равновесия между компонентами этого сообщества. Это равновесие смещается или нарушается при изменении состава сообщества или каких-либо косных компонент среды. Флюктуирующие обратимые изменения состава и условий существования биоценозов ведут к кратковременным или более или менее длительным количественным колебаниям в биомассе и составе сообществ, а также волнам жизни отдельных видов, которые, однако, стремятся к возвращению и сохранению определенного модального равновесного состояния. Долговременные векторизованные или резкие катастрофические изменения состава сообществ или физико-географических условий нарушают равновесия и через сукцессии приводят к новому равновесному состоянию. Эти изменения лежат в основе эволюции биоценозов, направляемой естественным отбором по путям адаптаций, усложнений или упрощений.

§ 6. Населенная организмами поверхность Земли, определяемая В. И. Вернадским как биосфера, изучается с разных точек зрения естественноисторическими дисциплинами (ландшафтоведение, почвоведение, биогеография, биоценология, геохимия ландшафта и др.). Однако история этих дисциплин свидетельствует о довольно частой переоценке роли некоторых факторов и процессов в общей картине развития биосферы. Это определяет необходимость комплексного подхода не только к анализу всей биосферы Земли, но и к анализу ее элементарных структурных компонент. В соответствии с этим биосфера может быть подразделена на достаточно точно определимые, элементарные пространственные единицы, которые, сохраняя свою комплексную природу, не поддаются дальнейшему подразделению в пределах разумных биохорологических понятий. Такие элементарные биохорологические единицы должны быть положены в основу теоретической форму-

лировки понятий и определения принципов классификации в пределах всех биохорологических дисциплин. Исходя из этих элементарных единиц биосферы, различные дисциплины (география, биогеография, почвоведение, биоценология и др.) должны определить свои основные единицы и собственные принципы классификации этих единиц.

II. Общее учение о биосфере и биогеоценозы как основные ячейки биогеохимической работы

§ 7. Во введении отмечалось, что в теоретических основах биохорологических дисциплин, включая определения основных понятий и терминологию, дело обстоит неблагополучно; это резко снижает возможности сравнительных исследований и уменьшает количество положительной информации, которую можно было бы извлечь из огромного описательного материала. В то же время в нашей стране школами В. И. Вернадского, Л. С. Берга, В. Н. Сукачева, Б. Б. Полынова и Л. А. Зенкевича, в той или иной мере исходящими из научных идей выдающегося русского естествоиспытателя В. В. Докучаева, на высоком теоретическом уровне закладываются основы строгого количественного изучения структуры биосферы Земли и протекающих в ней процессов. Эти исследования могут и должны быть положены в основу выделения элементарных биохорологических единиц и явлений и определения основных классификационных принципов в различных биохорологических дисциплинах.

§ 8. В. И. Вернадский назвал биосферой ту оболочку Земли, в формировании структуры, состава и энергетики которой организмы играли и играют основную роль. Заложив основу количественной оценки огромной роли живых организмов в энергетике и геохимии Земли, В. И. Вернадский создал общее учение о биосфере (1926).

В биосферу В. И. Вернадский включает не только современную «живую пленку» Земли (для которой в отношении растительного покрова Е. М. Лавренко предложил термин «фитогеосфера»), но и всю ту часть верхних слоев литосферы, в образовании которых живые огранизмы играли ведущую роль, т. е. биогенные осадочные породы («области былых биосфер»), природные воды и атмосферу. Геолого-геохимическое изучение биосферы и ее районирование В. И. Вернадский выделил в особую дисциплину – биогеохимию; географическим аспектом геохимического районирования Земли является разработанное Б. Б. Полыновым, А. П. Виноградовым и А. И. Перельманом учение о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях. В своей последней работе В. И. Вернадский указал, что в геохимическую работу биосферы и формирование лика Земли во все возрастающей степени включается человек с его хозяйственной деятельностью. Область преимущест-

венного геолого-геохимического и географического влияния человека В. И. Вернадский назвал ноосферой.

§ 9. В биосфере Земли жизнь всюду представлена более или менее сложными сообществами, состоящими из популяций различных видов живых организмов (биоценозами), населяющими определенные местообитания. В таких биоценозах входящие в их состав виды связаны друг с другом трофическими, химическими и эдафическими связями; такими же отношениями организмы биоценоза связаны с косными компонентами среды (климатом, гидрологическими условиями, почвой, химизмом среды и т. д.). В этих сложных комплексах живых и косных компонент первичными продуцентами органического вещества являются автотрофные организмы – зеленые растения (фотосинтетики) и хемосинтезирующие бактерии. В целом биосфера, являясь сплошной непрерывной оболочкой Земли, состоит из большого количества в разной степени отличающихся друг от друга местообитаний и населяющих их биоценозов. Общая биогеохимическая работа биосферы (выражающаяся в открытом большом круговороте вещества и энергии), а также ее эволюция складываются из соответствующих круговоротов и эволюции большого числа различных, в известной степени дискретных, биохорологических участков.

§ 10. Неоднородность биосферы Земли в биогеохимическом отношении является результатом сложнейших и разнообразных вещественно-энергетических круговоротов, протекающих в ней под влиянием живых организмов. В свою очередь, разнообразие вещественно-энергетических круговоротов обусловлено структурной неоднородностью биосферы, проявляющейся в существовании в природе вполне определенных дискретных структурных единиц биосферы – биогеоценозов, в той или иной мере отделенных друг от друга разного рода границами. Установление количественных характеристик вещественно-энергетических круговоротов в биогеоценозах позволит уяснить основные механизмы и направления их работы; это откроет широкие возможности по управлению работой биогеоценозов, синтезу новых и «ремонту» нарушенных биогеоценозов. Поэтому наряду с разработкой учения о биосфере и биогеохимии в недрах биологии шло становление новой самостоятельной естественноисторической дисциплины – биогеоценологии, конечная задача которой, по мнению ее создателя В. Н. Сукачева, состоит во вскрытии закономерностей, управляющих процессами превращения вещества и энергии на конкретных участках биосферы – в биогеоценозах. Объект этой науки биогеоценозы – представляют собой «совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющую свою особую специфику взаимодействия этих слагающих ее компонент и определенный тип обмена веществом и энер-

гией их между собой и с другими явлениями природы и представляющую собой внутренне противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии» (Сукачев, 1964). Биогеоценологическая концепция наиболее точно и полно выражает основную естественнонаучную идею Докучаева о необходимости создания особой науки, призванной изучать «генетическую, вечную и всегда закономерную связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой, между растительным, животным и минеральным царствами» (Докучаев, 1898).

§ 11. Таким образом, с точки зрения общего учения о биосфере и биогеоценологии можно с полной достоверностью утверждать, что сплошная живая пленка Земли (современная биосфера) распадается на в значительной степени дискретные единицы биогеоценозы. Биогеоценозы – это структурные единицы («блоки»), из которых состоит биосфера и в которых протекают вещественно-энергетические круговороты, вызванные жизнедеятельностью организмов. Эти круговороты, частично связанные друг с другом, в сумме составляют большой биосферный круговорот. Поэтому на биосферном уровне возникает необходимость достаточно строгого и точного выделения и определения объективно существующих в природе элементарных биохорологических единиц, которые должны лежать в основе рассмотрения материала, подлежащего изучению во всех биохорологических дисциплинах.

III. Биогеоценоз как далее неделимая единица биосферы и его значение в различных биохорологических дисциплинах

§ 12. Исходя из описанных в предыдущем разделе биогеоценотических подразделений биосферы, необходимо точнее и строже сформулировать понятие элементарной биохорологической единицы. Для этого прежде всего нужно установить вертикальные пределы биогеоценотического рассмотрения биосферы. За нижнюю границу как для практических, так и для теоретических целей совершенно достаточно принять нижнюю границу верхнего водоносного слоя (не верховодки, а постоянного уровня грунтовой воды); верхней границей следует считать нижние слои тропосферы, находящиеся в постоянном газообмене с почвой, растительным покровом и животным населением. В этих вертикальных пределах и надлежит, по нашему мнению, проводить горизонтальное подразделение биогеоценотической оболочки Земли.

§ 13. В согласии с определением В. Н. Сукачева общей элементарной биохорологической единицей можно считать «биогеоценоз». Биогеоценоз представляет собой участок территории (или акватории), через который не проходит ни одна установимая существенная биоценотическая, почвенно-геохи-

мическая, геоморфологическая (раздельно учитывая границы векторов поверхностного и грунтового стоков) и микроклиматическая границы. По нашему мнению, такой биогеоценоз надлежит считать единственно теоретически достаточно обоснованной элементарной биохорологической единицей биосферы. В то же время он является далее неподразделимой единицей биогеохимической работы, протекающей в биосфере; при этом система почва – биоценоз определяет в основном характер биогенного вещественно-энергетического круговорота; рельеф и климат существенно влияют на протекание этого круговорота, а векторы стока (и, естественно, движение воздушных масс в нижнем слое тропосферы) являются факторами, осуществляющими и регулирующими входные и выходные связи между соседними биогеоценозами. Кроме того, в почве и грунте происходит первичное захоронение и длительная переработка части веществ, выходящих из биологического круговорота или вносимых извне в конкретный биогеоценоз и не выносимых стоком за его пределы.

§ 14. Сформулированное выше определение биогеоценоза удовлетворяет требованиям, предъявляемым к элементарной ячейке биогеохимической работы в биосфере. Действительно, любая часть такого биогеоценоза (его многочисленные компоненты, синузии биоценологов или парцеллы, в определении Н. В. Дылиса, и т. п.) не будет представлять собой полноценной единицы биогеохимической работы в биосфере, будучи связанной с другими частями того же биогеоценоза общностью вектора стока и тем самым общностью входных и выходных связей с соседними биогеоценозами. С другой стороны, более крупные участки биосферы естественно подразделяются на единицы того типа, который соответствует приведенной в предыдущем параграфе формулировке биогеоценоза. Мы отдаем себе отчет в том, что установление биогеоценоза далеко не всегда легко провести в полевых условиях; это вполне естественно и касается практического разграничения любых единиц в варьирующих комплексных объектах изучаемого нами внешнего мира. Это, однако, ни в коей мере не ограничивает теоретического значения строгой формулировки элементарной биохорологической единицы. Несмотря на практические трудности выделения в природе биогеоценозов, все биохорологические дисциплины должны как в своей описательной или аналитической работе, так и особенно в теоретических интерпретациях, формулировке основных понятий и построении систем классификации своих объектов исходить из понятия биогеоценоза как элементарной структурной единицы биосферы или любого ее участка, являющегося предметом исследования соответствующих дисциплин. Предварительная наметка границ биогеоценоза, необходимая для дальнейшего комплексного их определения и изучения, может быть произведена, в согласии с высказываниями В. Н. Сукачева,

путем установления природных фитоценологических границ. При этом, однако, биогеоценоз вовсе не должен быть основной структурной единицей любой из биохорологических дисциплин. Хотя элементарным подразделением биосферы является биогеоценоз, каждая биохорологическая дисциплина может и должна формулировать и вычленять свои основные структурные единицы в связи со своим специфическим содержанием, задачами и методами.

§ 15. Выделение в разных участках биосферы возможно большего числа биогеоценозов, а также детальное изучение их со структурной, функциональной и динамической точек зрения представляет основную задачу биогеоценологии. Кроме того, биогеоценология должна строить свою систему классификации, объединяя в категории более высокого ранга биогеоценозы по основному характеру их биогеохимической работы; система классификации и биогеоценологии, по-видимому, должна быть в основном топологической, включая чисто хорологические единицы невысокого ранга лишь в случаях биогеохимической близости пространственно смежных биогеоценозов. Такой же типологической должна быть и классификационная система в биоценологии. Имеющие в основном практическое значение классификации различных промышляемых угодий (типологии лесов, лугов, болот, различных охотничьих и промысловых угодий и т. п.) должны, по-видимому, строиться на смешанной типологически-хорологической основе. В географии районирование и классификация территории должны, естественно, проводиться на чисто хорологической основе, по принципу пространственной смежности объединяемых в определенную категорию территорий. Основной единицей географии (элементарный ландшафт или фация) в большинстве случаев явится территория, превышающая биогеоценоз и объединяющая на основании географо-ландшафтологических соображений ряд пространственно-смежных биогеоценозов. На различия между биогеоценологией и географией, а в связи с этим и их системами классификации неоднократно указывал В. Н. Сукачев. Однако и географам-ландшафтоведам при их описаниях и районировании территории и классификациях ландшафтов не следует забывать об основных элементарных подразделениях биосферы – биогеоценозах. В основном по хорологическому принципу должно производиться районирование территорий и классификация в учениях о геохимических ландшафтах и биогеохимических провинциях, а также в любых возможных географических (гидрографических, климатологических и т. п.) районированиях территорий.

§ 16. Особенно сложной, хотя на первый взгляд наиболее разработанной и устоявшейся является классификация биогеографических единиц. Большинство биогеографов считает биогеографию чисто географической дисциплиной, задача которой заключается в пространственном районировании Земли, производимом по признаку населяющих ее фаун и флор. Значительное осложнение

вносится, однако, тем, что на характер населяющих определенные пространства фаун и флор влияют принципиально разные условия; с одной стороны, – это современные физико-географические и биоценотические условия, а с другой – геологическая история территории, происхождение, возраст и историческое расселение различных типов фаунистических и флористических комплексов. Возможно, что будущее развитие биогеографических систем пойдет по пути комбинирования различных классификационных принципов: биогеоценологических, географических и генетической типологии фаун и флор. Высшие единицы (области) будут в основном определяться геологической историей соответствующих материков и океанов. Далее по характеристике и подразделениях областей должен получить особое развитие выдвинутый П. П. Сушкиным, А. И. Толмачевым и в особенности Б. К. Штегманом принцип генетических типов фаун и флор, расселяющихся из определенных очагов происхождения (исторического формирования) и комбинирующихся друг с другом по-разному на различных территориях внутри области; часто (но не всегда!) основные территории, населяемые определенными типами фаун и флор, будут совпадать с наиболее крупными современными географическими подразделениями (ландшафтными зонами), а дальнейшее более дробное (и всегда в известной степени формальное) подразделение области будет производиться по смешанному принципу применения средних географических категорий и статистического метода С. Экмана; низшими единицами биогеографии будут биогеоценозы; они, несомненно, представляют элементарные ячейки, в которых мозаично комбинируются элементы разных типов фаун и флор на определенной большой территории. Биогеоценологические условия являются также элементарной основой изменения и эволюции биоценозов и тем самым формирования исходных очагов для возможного исторического развития новых или изменения ранее сложившихся типов фаун и флор.

§ 17. Из сказанного следует, что в сложном комплексе биосферы Земли элементарной, далее неделимой биохорологической единицей является биогеоценоз. Из него следует исходить и на нем строить основные единицы низших категорий во всех биохорологических и ландшафтологических дисциплинах; однако в разных дисциплинах основные единицы могут не совпадать с биогеоценозом, а представлять собой ту или иную совокупность территориально смежных и объединенных по какому-либо признаку или свойству (в зависимости от специальных задач соответствующей дисциплины) биогеоценозов. Классификационные системы в различных дисциплинах должны строиться по-разному, исходя из типологического или хорологического принципа либо из комбинации того и другого; при этом построение систем должно сопровождаться сравнительным анализом материала и классификационных принципов ряда смежных биохорологических и ландшаф-

тологических дисциплин. Необходимо подчеркнуть, что в нашу задачу не входит разработка классификационной системы в какой-либо из биохорологических дисциплин; мы попытались лишь определить наиболее дробную элементарную единицу в биосфере Земли, общую для материала, подлежащего исследованию разными биохорологическими и ландшафтологическими дисциплинами.

IV. О пространственных и временных взаимосвязях и цикличности в биогеохимической работе биогеоценозов

Мы приведем еще несколько общих соображений относительно некоторых существенных черт во временных и пространственных явлениях, связанных со структурой, работой и взаимосвязями биогеоценозов.

§ 18. Биогеохимическая работа биогеоценоза, естественно, совершается в конкретных временных границах, часть из которых имеет цикличный, а часть – ацикличный характер. Временные аспекты работы биогеоценоза должны рассматриваться в тесной связи с временными аспектами работы целого (биосферы); известно, что биогеохимическая работа биосферы осуществляется под контролем ряда планетарных и космических явлений, имеющих цикличный характер (суточный, годовой, многолетний циклы). В то же время часть биогеохимических эффектов работы биогеоценоза имеет ацикличный характер (сукцессии), обусловленный внутренней структурой биогеоценоза и комплексом местных физико-географических условий, включающем как современные, так и исторические моменты формирования и работы конкретного биогеоценоза. Конечный биогеохимический эффект работы биогеоценоза складывается из сложной совокупности частных биогеохимических эффектов, возникших в процессе развития биогеоценозов в разных временных (цикличных и ацикличных) аспектах. Временные аспекты работы биогеоценоза существенно влияют на интенсивность биологического круговорота веществ, последовательность включения отдельных компонент в рабочий цикл биогеоценоза, объем веществ, входящих и выходящих из биогеоценоза, характер трансформации веществ и миграционные циклы, степень давления биоценоза на изменения косных компонент биогеоценоза и т. п. Для примера сошлемся на кардинальные различия биогеохимической работы вечнозеленых лесов тропиков и дубрав умеренной зоны, развивающихся в резко отличных гидротермических условиях в годовом цикле (сезонность).

Мы считаем, что временной аспект биогеохимической работы биогеоценоза должен оцениваться как важнейший классификационный критерий. Накопление фактического материала о характере цикличных и ацикличных явлений в работе биогеоценозов позволит в дальнейшем создать стройную классификацию биогеоценозов, отвечающую уровню и требованиям современной науки.

§ 19. Исходя из определения биогеоценоза как основной биохорологической единицы биосферы, специальному рассмотрению подлежат пространственные связи между компонентами биогеоценоза и между соседними биогеоценозами.

Пространство, занимаемое биогеоценозом, неоднородно по своей физической природе – оно состоит из твердой (грунт), газовой (атмосфера) и жидкой (почвенные и атмосферные воды) фаз. Вещества, находящиеся в разных фазах, тесно взаимосвязаны и контролируются работой биоценоза. Существенной чертой пространства биогеоценоза является ярусность различных компонент, слагающих биогеоценоз. В пространственном аспекте вещественно-энергетический круговорот биогеоценоза слагается в основном из частных круговоротов отдельных ярусов, т. е. вещества и энергии в системе почва – растение. Не менее существенной, хотя и недостаточно изученной является горизонтальная составляющая вещественно-энергетического круговорота в биогеоценозе. Сюда относятся процессы горизонтального роста крон и корневых систем растений, миграция веществ по корневым системам и почве, внутрипочвенный сток (верховодка) в пределах биогеоценоза и другие явления (аллелопатия, миграция почвенных животных и т. п.). Несмотря на то что биогеоценоз имеет входы и выходы вещества и энергии, т. е. представляет собой незамкнутую систему, можно говорить об относительной стабильности во времени вещественно-энергетического круговорота в конкретных биогеоценозах. Важной чертой биогеоценоза являются его размеры, форма и характер выраженности его границ. Размеры биогеоценоза варьируют в широких пределах – от нескольких десятков и сотен квадратных метров до нескольких квадратных километров, что зависит от степени однородности физико-географической, почвенно-геохимической, климатической и гидрологической обстановки и биоценотических комплексов. Соответственно варьирует конфигурация границ биогеоценоза, а также его вертикальная мощность (от нескольких сантиметров на скальных породах до нескольких десятков и даже сотен метров в лесной зоне).

Пространственные границы биогеоценозов бывают резкими или постепенными, их выраженность может усиливаться или ослабляться в процессе биогеохимической работы двух смежных биогеоценозов, при этом формируются местные рубежи, экраны и барьеры, снижающие выход вещества за пределы биогеоценоза (иллювиальные горизонты почв, ландшафтно-геохимические барьеры). В то же время в процессе развития биогеоценозов бывают случаи размазывания ранее сложившихся границ, сопровождающиеся постепенным взаимопроникновением компонент соседних биогеоценозов. Анализ причин и характера формирования границ биогеоценозов представляет, по нашему мнению, одну из

важных задач сравнительно-биогеоценотических исследований, ибо выявление границ биогеоценозов в полевых условиях нередко сильно затруднено.

§ 20. Биогеоценоз представляет собой незамкнутую систему, характеризующуюся стабильностью своей структуры во времени и пространстве, и в то же время имеющую вещественно-энергетические входы и выходы, связывающие между собой смежные биогеоценозы в цепи, объединяемые стоком в широком смысле этого понятия. Обмен веществ между биогеоценозами осуществляется в газообразной, жидкой и твердой фазах, а также в своеобразной форме живого вещества (миграции растений и животных, динамика их популяций и т. д.). В настоящее время накапливается значительный материал о качественной и количественной характеристике миграции веществ в сериях смежных биогеоценозов. Этому в немалой степени способствовали работы Б. Б. Полынова, А. И. Перельмана и В. А. Ковды о геохимических провинциях и ландшафтах, Н. П. Ремезова, А. А. Молчанова, Н. И. Базилевич, Л. Е. Родина, Т. А. Работнова и других авторов о биологическом круговороте веществ в лесах, степях, пустынях и на лугах. С биогеохимической точки зрения, миграции веществ в цепях биогеоценозов могут рассматриваться как серия сопряженных процессов рассеивания и концентрирования веществ в растениях, почвах, водах, грунтах, атмосфере. Круговорот химических элементов в различных биогеоценозах неодинаков; лишь небольшая часть (от 0,1 до 0,01%) ежегодно вовлекаемых в круговорот веществ выносится со стоком в соседние биогеоценозы, причем в минимальных количествах выносятся биофильные элементы (калий, фосфор, азот). Разнообразие биогеоценозов отражается на составе стока. Так, например, воды ручьев, бассейны которых лежат в пределах только дубовых, осиновых и сосновых лесов, резко отличаются друг от друга по составу стока (наблюдения Н. П. Ремезова). Не менее ярко выражены различия в работе биогеоценозов в газовом режиме, влажности почв, в численности и миграции животных и т. д.

Несмотря на сравнительно прочное удерживание химических элементов в биогеоценозе, часть их все еще поступает в почвенно-грунтовые воды, которые движутся от водоразделов к долинам рек. На этом пути воды проходят через серию сопряженных по стоку биогеоценозов, и, как правило, на их границах происходят значительные изменения в составе стока, приводя к становлению первого ландшафтно-геохимического (биогеоценологического) барьера. Особенно ярко это проявляется в полесьях на контакте песчаных боровых грив (дюн) и межгривных заболоченных западин. Значение биогеоценологического (первого ландшафтно-геохимического) барьера в общем биосферном круговороте веществ огромно. «Паутина» этого барьера представляет собой основную преграду веществам, выходящим за пределы биогеоцено-

зов. Общая схема распределения ландшафтно-геохимических барьеров рассмотрена одним из нас в специальной работе (Тюрюканов, 1964), а физико-химические, физические и иные механизмы формирования барьеров объяснены в монографии А. И. Перельмана (1961).

Изложенные выше соображения об обмене веществ между биогеоценозами весьма кратки и неполны, но они достаточны для уяснения одной из главных задач биогеоценологии. Предпринятые по инициативе и под руководством В. Н. Сукачева комплексные биогеоценологические исследования в разных природных зонах призваны умножить наши знания о биогеохимической работе биогеоценозов и типах обмена веществом и энергией между ними.

Заключение

§ 21. Мы рассмотрели некоторые общие вопросы, касающиеся биохорологического подразделения биосферы Земли, специально остановившись на значении элементарной единицы биосферы – биогеоценоза. Сформулировав понятие биогеоценоза как участка земной поверхности, через который не проходит ни одной установимой существенной границы его компонент (почвы, фитоценоза, стока и т. д.), мы тем самым определили объект через его границы. Этот апробированный в топологии прием является достаточно строгим и надежным. Биогеоценология по своим задачам и методам охватывает большой круг вопросов, в том числе проблемы геохимии и геофизики ландшафта. Поэтому одна из задач ближайшего будущего состоит в согласовании понятий, терминов и систем классификации в этих дисциплинах. Нам кажется, что такое согласование может быть успешным, если в этой научно-координационной работе исходить из предложенного выше определения понятия биогеоценоза. Пути подхода к такой работе могут быть различными, в качестве примера приведем следующее рассуждение.

Учение о геохимии ландшафтов (Полынов, 1964; Перельман, 1961) рассматривает цепи сопряженных по стоку элементарных ландшафтов от водоразделов к долинам рек как один геохимический ландшафт. Это совершенно справедливо, если под элементарным ландшафтом понимать биогеоценоз в том определении, которое приведено нами выше. И действительно, между определением понятия элементарный ландшафт, по Б. Б. Полынову, и нашим определением биогеоценоза много общего. Разница в том, что главным критерием элементарного ландшафта Б. Б. Полынов считал однородность почвы, а мы, принимая биогеоценоз как основную структурную единицу биосферы, считаем все компоненты и границы в биогеоценозе равнозначными, и именно эта равнозначность является основным критерием выделения биогеоценозов в природе. Разница в подходе к выделению элементарных единиц вызвана тем, что Б. Б. Полынов в геохимическом ландшафте склонен был видеть решение проблемы геогра-

фического ландшафта, т. е. рассматривал эту проблему как географическую, мы же, вслед за В. Н. Сукачевым, рассматриваем биогеоценологию как самостоятельную естественноисторическую дисциплину о строении, свойствах и работе биогеоценозов, являющихся, по нашему мнению, «молекулами» биосферы Земли. Понятие элементарного ландшафта должно формулироваться с чисто географохорологической точки зрения и будет, как упоминалось выше, в большинстве случаев объединять группы пространственно смежных биогеоценозов. Общность многих идей в различных смежных дисциплинах позволяет надеяться, что в ближайшее время будет преодолена терминологическая несогласованность между различными исследователями и школами.

§ 22. В основу объединения точек зрения, развиваемых разными биохорологическими дисциплинами и школами, должна лечь классическая традиция отечественной науки, которая, начиная от Докучаева и до наших дней, состояла в стремлении познать явления и процессы на Земле в их сложном взаимодействии и развитии. Эта традиция нашла отражение в трудах Вернадского, Морозова, Полынова и Сукачева, видевших в «живом веществе» активный и могучий фактор преобразования лика Земли, а в биосфере – сложный планетарный механизм, через который осуществляется основной обмен веществом и энергией с космосом. Мы глубоко верим, что биогеоценология в ближайшем будущем станет важнейшей дисциплиной современного естествознания, дисциплиной, впитавшей лучшие традиции нашей науки и призванной быть теоретической основой изучения биологических производительных сил Земли, их рационального использования, охраны, ремонта и воспроизводства биологических ресурсов планеты.

Биосферные науки и экология

Я вроде тех окаменелостей,
Что появляются случайно,
Чтобы доставить миру в целости
Геологическую тайну.

Варлам Шаламов

Представление о живом веществе как совокупности всех организмов, населяющих в данный момент планету (или биогеоценоз, или более крупную биосферную единицу) существовало и до В. И. Вернадского. Но подобное представление все еще остается в рамках чисто биологического понимания жизни.

Владимиру Ивановичу Вернадскому принадлежит честь открытия Живого Вещества как *геологической силы,* формирующей биосферу.

В. И. Вернадский вводит биогеохимический ракурс понимания жизни. Он ставит задачу «изучить новые проявления материи, которые существуют в ней, когда она захватывается организмами»[1]. В биогеохимии поэтому «не важны свойства самих организмов»[2], то есть биологические их свойства; важно организмы, как нечто единое и целое, численно выразить в их элементарном химическом составе, весе, энергии. «В геохимии, – писал В. И. Вернадский, – мы имеем дело с атомами. В биосфере мы отличаем физико-химические организмы как особые автономные объемы-поля, в которых собираются определенные атомы в определенных количествах. Это количество и есть характерное свойство каждого организма, каждого вида... Зная объемы организма и количество находящихся в этом объеме атомов и выражая все явление числами, мы получаем, по-видимому, наиболее отвлеченное число и в то же время реальное выражение вида, поскольку он отражается в геологических процессах планеты... Живое однородное вещество геохимика и вид биологии тождественны, но выражены различно»[3].

В. И. Вернадский вводит, таким образом, универсальную, общую и для живого, и косного вещества, единицу измерения элементарный химический состав природного тела. Изучение качественно-количественной динамики этого состава в малых и больших масштабах времени составляет суть предложенного им биогеохимического метода исследования. Лишь таким путем можно выявить геологический эффект жизнедеятельности организмов. Вклад отдельно взятого организма в геохимический круговорот вещества в биосфере ничтожно мал и потому незаметен. Но этот эффект отчетливо проявляется, если мы рассматриваем совокупную работу всего живого вещества. И не просто проявляется, но становится настолько значительным, что начинает определять облик планеты – выявляется, говоря словами В. И. Вернадского, как геологическая сила.

Понятие «живого вещества», отмечал В. И. Вернадский, более трудная и глубокая абстракция, чем понятие живого организма (живого существа). Сравнивая уровни абстракции, на которых могут быть выработаны понятия газа (как совокупности газовых частиц) и живого вещества (как совокупности организмов, обладающих геохимическими функциями), он писал: «Для нас в природе непосредственно доступны законы-свойства газа, и лишь путем трудной работы абстракции мы подходим к законам газовой частицы. Она бесконечно мала по сравнению с тем мерилом, ка-

---

[1] *Вернадский В. И.* Живое вещество. М., 1978. С. 60.

[2] Там же.

[3] *Вернадский В. И.* Эволюция видов и живое вещество//Природа. 1928. № 3.

кое представляет собой человек по отношению к газовой массе. По отношению к живому веществу нам непосредственно доступны законы-свойства организма, и путем трудной и долгой абстракции мы можем подняться до понимания свойств их совокупности – живой материи. Человек как масштаб явлений бесконечно мал по сравнению с живой материей и легко подходит к свойствам ее элементов – организмов»[1] . Поэтому оказывается, что в биологии понятие организма (индивида, живого существа) и даже понятие популяции конкретнее и содержательнее понятия живого вещества, в то время как в учении о биосфере, наоборот, понятие живого вещества конкретнее и содержательнее понятия организма.

В биосферных науках, таким образом, живое вещество изучается не само по себе, а с точки зрения его геохимических функций на планете, иными словами, в связи с его вековечными, генетическими и всегда закономерными соотношениями и взаимодействием с неживым веществом.

Жаль, что в ведущихся в настоящее время экологических исследованиях преобладает почти исключительно биологический, а не биосферно-биогеохимический подход. Не принимается, как правило, во внимание, что сейчас должен ставиться не только вопрос о судьбе отдельных видов организмов, но и о геологической судьбе живого вещества. Сметая его с лица планеты, мы не только приостанавливаем прогрессивный процесс эволюции органического мира, но и теряем одновременно богатство разнообразны проявлений химизма на планете, поддерживаемое живым веществом. Мы развязываем стихию геологических процессов (таких, как выветривание горных пород, ветровая и водная эрозия почв, засоление водоемов, опустынивание и т. п.), сдерживаемую деятельностью живого вещества. Экологические катастрофы превращаются в геологические – происходит запыление и загрязнение атмосферы, сопровождающееся парниковым эффектом и нарушением общебиосферного круговорота углекислоты и метана; нарушается гидрорежим речной сети континентов и крупнейших озер и внутренних морей (Каспий и Черное море, Арал и Байкал); наблюдается образование карстов, гигантских свалок промышленных и бытовых отходов; приостанавливается геологический процесс образования почв, илов и болот и т. д. и т. д.

В конце 60-х мировой «экологический бум» докатился и до нашей страны.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

В 1968 году тогдашний вице-президент Академии наук СССР Александр Павлович Виноградов получил от Комиссии по делам ЮНЕСКО приглашение на участие советских ученых в междуна-

---

[1] *Вернадский В. И.* Эволюция видов и живое вещество//Природа. 1928. № 3.

родной экологической конференции. Он счел приглашение не заслуживающим внимания и отправил его в мусорную корзину. Потом подумал, достал скомканную бумажку и решил передать другому вице-президенту – Николаю Николаевичу Семенову, в чьи обязанности входило общее руководство биологическими и химическими науками.

Н. Н. Семенов в свою очередь передал это приглашение работавшему тогда под его началом Виктору Абрамовичу Ковде, а тот решил участвовать в 1-й Международной конференции по биосфере.

Не ученик В. И. Вернадского – А. П. Виноградов, а В. А. Ковда стал готовить доклад. Я участвовал в подготовке этого большого доклада и привлек в качестве консультантов многих ученых, и прежде всего Н. В. Тимофеева-Ресовского.

По ходу возникли обычные для Академии наук интриги, и в конце концов оказалось, что национальный доклад СССР на эту конференцию готовился параллельно большой группой ученых во главе с географом и почвоведом академиком Иннокентием Петровичем Герасимовым.

В конце концов в Париже В. А. Ковда сделал доклад от имени ЮНЕСКО, а И. П. Герасимов – от имени СССР. Так на 1-й конференции ЮНЕСКО по биосфере вскрылись тайные интриги «мадридского», то есть московского, двора. Доклад В. А. Ковды на русском языке занимал примерно 80 страниц, доклад И. П. Герасимова – около 400.

Но это еще не беда. Беда в том, что из доклада В. А. Ковды выпали такие основополагающие понятия биосферного учения, как биогеоценоз и биогеоценология. Он объяснил это тем, что на Западе приняты понятия «экосистема», «экология». Тем самым научно-идеологическая начинка доклада, которую Н. В. Тимофеев-Ресовский называл «вернадскологией с сукачевским уклоном», не была доведена до участников конференции.

Еще слабее в этом отношении был доклад, составленный группой И. П. Герасимова.

Тем не менее наша страна участвовала в 1-й Международной конференции по биосфере, хотя ее научно-идеологическое представительство не было ни единым, ни строго биосферно-вернадскологическим.

Вскоре после этого мне удалось подготовить и издать сборник «Биосфера и ее ресурсы» (1971). Сборник открывался изложением доклада В. А. Ковды на Парижской конференции. В сборнике доклад был назван «Биосфера и человечество», то есть удалось все же «протащить» название, данное этой вселенской проблеме Н. В. Тимофеевым-Ресовским. Однако отстоять название впоследствии не удалось, так как вся биосферная тематика под названием экологической была растащена по различным наукам и предельно политизирована.

Сейчас очень многие, к месту или не к месту, манипулируют и даже просто заигрывают с понятием экология, совершенно не отдавая себе отчета в том, что современная экология мало что имеет общего с ее классическим биологическим определением и обозначением, в свое время разработанным Геккелем, Тенсли, Линдеманом, Одумом, а также многими русскими зоологами и ботаниками.

Станислав Семенович Шварц, одновременно с В. Е. Соколовым ставший первым советским академиком по экологии, еще в 1960 году определял экологию как науку о популяциях, рассматривая популяционный уровень как «единственную форму существования вида». «Экология, – писал он, – заполняет существующий пробел в полноте познания форм жизни на Земле»[1]. Странно, конечно, читать такое – ведь учение о популяции как особая научная дисциплина начало складываться в 20-х годах благодаря работам С. С. Четверикова и его учеников, Н. В. Тимофеева-Ресовского. Кстати, в 1973 году вышла книга «Учение о популяции», авторами которой были Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. В. Яблоков и Н. В. Глотов, где говорилось о соотношении этих понятий. Однако в 1975 году С. С. Шварц свое вносит уточнение в определение предмета и объекта исследования экологии. В статье «Экологические основы охраны биосферы» (резонно спросить: почему же, коль скоро имеется учение о биосфере и ни одна душа в мире не считает его ошибочным, не строить «основы охраны биосферы» на базе именно этого учения?) С. С. Шварц писал: «Возникшая более 100 лет тому назад как учение о «взаимосвязи «организм – среда», экология на наших глазах трансформировалась в науку о структуре природы, науку о том, как работает живой покров Земли в его целостности... Современная экология, не забывая о своих традиционных задачах, развивается вокруг двух фундаментальных понятий: популяция и биогеоценоз»[2]. А спустя два года в книге, обобщающей 250-летние успехи академической науки в нашей стране, С. С. Шварц говорит о том, что «в основе любых растительно-животных сообществ, любых биогеоценозов лежит триада: продуценты – консументы – редуценты» (т. е. трофическая цепь) [3]. Казалось бы, С. С. Шварц вводит понятие «биогеоценоз» в более широкий научный оборот, поднимает и возвышает его. А на самом деле получилось согласно русской поговорке: «Поднять, чтобы бросить». Он использует понятие био-

---

[1] *Шварц* С. С. Принципы и методы современной экологии животных//Труды Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. 1960. Вып. 21. С. 6 – 7.

[2] *Шварц* С. С. Экологические основы охраны биосферы//Методологические аспекты исследования биосферы. М., 1975. С. 102 – 103.

[3] *Шварц* С. С. Эволюция биосферы и экологическое прогнозирование//250 лет Академии наук СССР. М., С. 367.

геоценоза, к тому времени всесторонне теоретически разработанное В. Н. Сукачевым, и низводит его до чисто биологического представления о трофических цепях питания. Десятилетиями В. Н. Сукачев в напряженных дискуссиях с географами и биологами выковывал понятие биогеоценоза как особого структурного уровня организации природы, качественно отличного от биологических и географических представлений о структурной организованности природы. И вот вся эта трудная его работа одним росчерком пера сводилась к нулю.

С тех пор мало что изменилось. В современной экологии строгие определения и достойный категориальный аппарат подменены путаной терминологией. Она представляет собой к тому же нечто весьма гибкое, всегда способное видоизмениться в угоду тем или иным политическим вкусам.

Вспоминается, как пришлось уговаривать Владимира Евгеньевича Соколова принять участие в сборнике «Биосфера и человечество». Он отбивался как мог, ссылаясь на то, что он зоолог и не нужно его сбивать с пути. А теперь он почти 20 лет возглавляет официально-экологическую команду Академии наук и российскую часть международной программы «Человек и биосфера», принятую в 1971 году на Международной конференции по окружающей среде в Стокгольме. В этой конференции бывший Советский Союз не участвовал по политическому капризу руководства страны (что-то случилось в теперь уже бывшей ГДР). Кстати, летом 1992 года наши ученые были в Бразилии на 20-летнем юбилее этой конференции.

В последующем В. Е. Соколов и другие биологи, почувствовав вкус к биосферной проблематике, внедрили в ученую и неученую общественность представление о биосфере как совокупности живых существ на планете, что в корне противоречит учению В. И. Вернадского о биосфере как геологической оболочке планеты, созданной в течение геологического времени.

Такова была реакция биологического фланга академической науки на экологические проблемы.

А что же геологи? Геологи с легкой руки А. Е. Ферсмана, ученика В. И. Вернадского, с иронией относились к занятиям В. И. Вернадского живым веществом. Им казалось, что на глазах погибает Вернадский как геолог. Им была чужда мысль, что все геологическое прямо или косвенно есть результат деятельности живого вещества, которое В. И. Вернадский считал самой мощной геологической силой в биосфере.

Практически геология и поныне осталась в стороне от творческого биосферного наследия В. И. Вернадского. Лишь одиночные ученые – прежде всего академики Александр Леонидович Яншин и Борис Сергеевич Соколов – подхватили и стали развивать биосферно-геологическую концепцию В. И. Вернадского. К сожалению, они подключились поздно, когда биологи и экологи успели

внести огромную теоретическую путаницу в понимание так называемых «экологических проблем» и «проблем окружающей среды».

Исключение составляют замечательные работы Г. В. Гегамяна о биосферологии В. И. Вернадского, присланные из Парижа в «Журнал общей биологии» и «Природу». Статьи были опубликованы[1] – сработала классическая схема: «Нет пророка в своем Отечестве». Но вот что вызывает грустную иронию: до этих публикаций Г. В. Гегамян написал кандидатскую диссертацию под руководством Н. В. Тимофеева-Ресовского и А. Н. Тюрюканова.

«Точкой преткновения» в понимании учения о биосфере оказался вопрос о «границах» («пределах», «мощности», «объеме») биосферы. На важность данного вопроса указывал сам В. И. Вернадский. Он писал: «Я беру понимание биосферы не так, как это понимает биология, а так, как это понимается *геологией.* Мы должны считаться с тем, что биосфера сама является в значительной части продуктом жизни. Точное определение ее границ имеет поэтому особое значение»[2].Такой подход нашел отражение в сформулированных им *биогеохимических принципах* и в определении биогеохимии как *«геохимии биогенных процессов».*

Н. В. Тимофеев-Ресовский совершенно однозначно высказался о границах биосферы. См. статью «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии» и другие в книге.

Обобщая и развивая идеи В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева, В. А. Ковда и А. Н. Тюрюканов дали в последнем издании Большой Советской Энциклопедии следующее определение биосферы: «Биосфера Земли – это общепланетарная оболочка, состав, структура и энергетика которой в существенных чертах обусловлены прошлой или современной деятельностью живых организмов (живым веществом) в течение геологического времени»[3]. Таким образом, согласно данному определению, в состав биосферы входит не только «область существования живых организмов» (названная А. Н. Тюрюкановым и В. Д. Александровой «витасферой»[4], но также и «былые биосферы» (термин В. И. Вернадского), которые включают в себя продукты деятельности живого вещества в прошлые геологические эпохи.

Это определение биосферы в БСЭ было атаковано членом-корреспондентом РАН, профессором геологического факультета Московского университета Николаем Брониславовичем Вассое-

---

[1] *Гегамян Г. В.* О биосферологии В. И. Вернадского//Журнал общей биологии. 1980. Т. 41. № 4; Вернадский и биосферология//Природа. 1981. № 9.

[2] *Вернадский В. И.* Избранные сочинения. М., 1960. Т. 5. С. 289.

[3] *Ковда В.* А., *Тюрюканов А. Н.* Биосфера. БСЭ. 1970. Т. 3. С. 364.

[4] *Тюрюканов А. Н., Александрова В. Д.* Витасфера Земли//Бюл. Моск. об-на испытат. природы. Отд. биол. 1969. Т. 74. № 4.

вичем, который выступил со своей трактовкой понятия биосферы. В этой трактовке противостояние биологического и геологического подходов к пониманию биосферы было доведено уже до крайнего предела, что, как известно, часто ведет к абсурду.

Согласно Н. Б. Вассоевичу, под биосферой следует понимать биокосное тело, включающее в себя «биос» (совокупность живых организмов, населяющих в тот или иной момент планету) и арену (среду) жизни, то есть биосфера есть «область жизни» («экосфера плюс биос», как выражался Н. Б. Вассоевич). По его мнению, именно такое толкование вкладывал В. И. Вернадский в понятие биосферы, и, «чтобы избежать путаницы», он предложил такое толкование обозначить термином «эвбиосфера». А более мощную оболочку Земли, «когда-либо испытавшую какое-либо существенное прямое или косвенное влияние жизни», он предложил обозначить термином «мегабиосфера» (или «эврибиосфера»)[1] .

Здесь Н. Б. Вассоевич воспроизвел широко распространенное среди биологов и экологов представление о биосфере как «области жизни».

Проанализировав вместе с А. Н. Ивановым отечественную и зарубежную литературу, он выявил около полусотни работ, авторы которых придерживаются данной точки зрения. Тем самым он убедительно показал, насколько широко она вошла в оперативную научную работу.

В статье Н. Б. Вассоевича и А. Н. Иванова зазвучала нотка некоторой непримиримости к позиции «инакомыслящих». А по существу это была своего рода ревизия учения В. И. Вернадского о биосфере и попытка подменить его экологией с сопутствующими понятиями «экосистема», «экосфера», «глобальная экология» и т.д.

Но эта позиция встретила достойного противника в лице Г. В. Гегамяна.

В тиши парижской лаборатории Гензель Вртанесович Гегамян тщательнейшим образом проштудировал труды В. И. Вернадского, стремясь выявить его высказывания по вопросу о границах биосферы. Итогом явилась статья «О биосферологии В. И. Вернадского», присланная им в «Журнал общей биологии» в 1978 г. (Результаты своего исследования и размышлений он хотел прежде всего опубликовать на родине В. И. Вернадского).

Случилось так, что статья попала на отзыв к Н. Б. Вассоевичу, и между ними возникла переписка.

Заработала ось Париж – Москва.

---

[1] *Вассоевич Н. Б.* Различные толкования понятия биосферы//Исследования органического вещества современных и ископаемых осадков. М., 1976; Вассо*евич Н. Б., Иванов* А. *Н.* К истории учения о биосфере//Методология и история геологических наук. М., 1977.

Заметим, что посылая статью в журнал, Г. В. Гегамян еще не знал работ Н. Б. Вассоевича и А. Н. Иванова. Переписка шла более полутора лет и только в 1980 году статья была опубликована. Г. В. Гегамян познакомил нас с перепиской и с его разрешения мы воспользуемся ею (Николай Брониславович Вассоевич скончался).

В своих письмах Н. Б. Вассоевич стремился убедить Г. В. Гегамяна согласиться с его трактовкой понятия биосферы и «шагать со всеми в ногу». Он советовал отказаться от термина «биогеоценоз» в пользу «общепринятого в науке термина «экосистема» и говорил, что В. Н. Сукачев «испортил хороший термин «биоценоз», втиснув в него в качестве аффиксоида слово «гео», придав несвойственное ему значение».

В своей статье Г. В. Гегамян отмечает, что «в трудах В. И. Вернадского имеются противоречивые (или, возможно, нами не понятые) высказывания по вопросу объема и границ биосферы, а также не всегда четкие определения понятия «живое вещество». На наш взгляд, сейчас правильнее будет не «копаться» в словах основателя биосферологии, пытаясь прокомментировать или объяснить их скрытое значение (при этом, очевидно, невозможно избежать субъективности), а взять как бы синтез всего того, что он нам оставил»[1] .

Во многих публикациях В. И. Вернадского встречаются высказывания, что биосфера есть «область жизни нашей планеты», «область, занятая живыми организмами», «поле действия живого вещества», «оболочка жизни», «область существования живого вещества» и т. п. Однако наряду с этими высказываниями существуют и другие, в которых В. И. Вернадский существенно углубляет свое понимание биосферы и идет дальше. Так, например, В. И. Вернадский отмечал, что «в действительности и создание озонового экрана в стратосфере, и создание органогенных горных пород – углистых, углеводородистых или карбонатов в стратисфере – неотделимо от проявлений жизни в биосфере и определяет организованность всей биосферы» и даже что «рассмотрение этих процессов есть дело будущего»[2].

Рассматривая творческие поиски В. И. Вернадским определения биосферы и ее границ (а он всегда стремился к максимальной точности определения, но так, чтобы не сковать дальнейшее углубление научной мысли в существо дела), Г. В. Гегамян указывает, что при этом нужно исходить из «интегрального выражения жизни», о чем писал А. Н. Тюрюканов[3] .

---

[1] *Гегамян Г. В.* О биосферологии В. И Вернадского//Журнал общей биологии. 1980. Т. 46. № 4. С. 587 – 588.

[2] *Вернадский В. И.* Проблемы биогеохимии. М.;Л., 1935. Т. 1. С.22.

[3] *Тюрюканов* А. *Н.* Некоторые аспекты учения о биосфере и биогеоценозах//Научн. докл. высш. школы. Биолог. науки. 1970. № 4.

В одном из писем Н. Б. Вассоевичу Г. В. Гегамян отмечал: *«Как в Ваших публикациях, так и в письмах я всегда чувствовал (а сейчас, прочитав более подробно о Ваших взглядах на биогеоценологию, убедился в этом), что у Вас, у геологов, не хватает того, что можно назвать «биологическим мышлением» (за исключением Вернадского, у которого оно было предостаточно развито). Я не считаю биосферологию биологической наукой, но нельзя отрицать, что в ней роль «первой скрипки» играет жизнь, и чтобы как следует разобраться в ней, нужно быть немножко и биологом».*

Г. В. Гегамян отчетливо выявляет и обосновывает важнейший в логическом и содержательном отношении ракурс анализа мощности биосферы, который упускается из вида биологами и экологами. Речь идет о геохимическом и энергетическом «проявлении жизни» в биосфере. Приведем еще один отрывок из его писем Н. Б. Вассоевичу: *«Вы пишете: «биосфера – это и обитатели, и дом, где они живут, и все, что находится в нем. Не могу согласиться с этим, хотя и образным, выражением. Вы тут забываете, что у этого «дома» есть энергетические и информационные связи с окружающей средой (входы и выходы), что «рядом с домом» есть еще и «кладбище», без которого нельзя обойтись, куда периодически «отправляются» обитатели дома, а последующие поколения пользуются той энергией, которую уносят с собой их предки. Так что биосфера – это не только наш «дом», а «дом плюс придомное пространство» и без этого пространства не могут существовать ни дом, ни его обитатели. Они оба вместе составляют одно нераздельное целое. Это «околодомное пространство» вместе с «домом» отличается от других пространств тем, что в нем и только в нем могут быть характерные для жизни химические соединения. Этому пространству соответствует то, что Вернадский называл «термодинамическим полем биосферы», и именно в этом поле существует жизнь как мощнейший геохимический фактор. Сузив биосферу до области только ныне существующей жизни, Вы сужаете и само понятие «живое вещество». Вы забываете, что характерной чертой живого вещества является не только его жизнедеятельность, не только его рождение, но и смерть. Когда мы говорим о геохимическом значении жизни, то нельзя под этим подразумевать лишь метаболизм ныне существующих живых существ. Наша цель – превратить биосферу в управляемую энергетическую систему, и очевидно, что для этого мы должны прекрасно знать закономерности всех химических превращений в биосфере, энергетику этих превращений. Метаболические и деструктивные процессы – равнозначные звенья общего биогеохимического круговорота вещества и энергии».* В другом письме Г. В. Гегамян пишет: *«Я с Вами согласен, что понятие «пленка жизни» (как области, занятой живыми организмами) – очень важное понятие. Для меня это прежде всего область максимальной концентрации биогенной энергии. Образно гово-*

ря, это «ядро» энергетической системы, называемой «биосфера». Именно в этом ядре дается старт всех энергетических явлений биосферы, именно в нем расположен «пульт» управления системой».

Г. В. Гегамян совершенно точно заметил, что во всем мире, почти для всех, выражения «защита окружающей среды» и «защита биосферы» употребляются как синонимы. Но ведь совершенно очевидно, что экологические проблемы вызваны уничтожением или нарушением деятельности живого населения планеты, то есть вмешательством человека в «область жизни». Пока еще только накапливаются и пока еще незначительно проявляются отрицательные последствия вмешательства человечества в «былые биосферы». Если и они проявятся столь же мощно, как в «области жизни», то наступит нечто, аналогичное «великому потопу».

Если биологи и экологи, изучая экологические проблемы, относящиеся к «области жизни», вольно или невольно суживают биосферу до «пленки жизни», то это свидетельствует лишь о том, что категориальный аппарат биологии неспособен правильно выразить биогеохимическую сущность учения о биосфере В. И. Вернадского. Точно так же и геологи, отстаивая чисто геологическую трактовку «былых биосфер», закрывают себе доступ к биогеохимическому пониманию биосферы.

Более того, оказывается, что и путем некоторого совмещения, или синтезирования, биологического и геологического ракурса исследования биосферы мы еще не придем к пониманию учения о биосфере. К этим ракурсам нужно еще добавить химический, то есть действовать в соответствии с биогеохимическими принципами В. И. Вернадского. Эволюция биосферы есть сопряжение во времени трех потоков: эволюции органического мира, эволюции химизма земной коры и геологических преобразований на планете.

Таким образом, в отстаивании общей концепции биосферы в ее первоначальном фундаментальном звучании Г. В. Гегамян оказался достойным учеником своих учителей. Его работы о биосферологии В. И. Вернадского посвящены светлой памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского.

Еще ранее Г. В. Гегамяна на неверное понимание всей логики и фактологии общего учения о биосфере В. И. Вернадского обратили внимание В. Д. Александрова и А. Н. Тюрюканов, которые в 1969 году выступили со статьей о витасфере Земли[1]. В этой статье подчеркнуто различие между так называемой «пленкой жизни» (биосфера в понимании биологов) и биосферы в планетарно-космическом и геолого-историческом понимании В. И. Вернадского. Коль скоро В. И. Вернадский выделял «былые биосферы»,

---

[1] Бюллетень Моск. общества испытателей природы. Отдел биолог. 1969. Т. 74. № 4.

то, естественно, необходимо было выделить и ныне живущую биосферу. Это совершенно естественный ход научного рассуждения. Этот современный живой мотор и управляющую систему биосферы В. Д. Александрова и А. Н. Тюрюканов определили как витасферу Земли, синоним которой может считаться биогеоценотический покров планеты.

В 70-е годы благодаря огромным усилиям хранительницы кабинета-музея В. И. Вернадского Валентины Сергеевны Неаполитанской началась публикация архивного научного наследия В. И. Вернадского. Его богатейший архив (один из самых больших в Академии наук) был практически закрыт для доступа. Преодолев множество трудностей и сопротивление официальных лиц академии, В. С. Неаполитанская вместе с И. И. Мочаловым подготовили и выпустили в свет целый ряд фундаментальных работ В. И. Вернадского: «Размышления натуралиста» (I том 1975, II том – 1977), «Живое вещество» (1978), «Проблемы биогеохимии» (1980), «Избранные труды по истории науки» (1981), «Очерки геохимии» (1983). Была издана «Переписка В. И. Вернадского с Б. Л. Личковым» (I том – 1979, II том – 1980), «Страницы автобиографии В. И. Вернадского» (1981), «Переписка В. И. Вернадского с А. Е. Ферсманом» (1984). К 125-летию со дня рождения В. И. Вернадского вышли его работы: «Труды по всеобщей истории науки» (1988), «Труды по истории науки в России» (1988), Кристаллография» (1988) и другие. Этой памятной дате был полностью посвящен 15-й выпуск альманаха «Прометей». В 1982 году доктор философских наук профессор Инар Иванович Мочалов выпустил книгу «Владимир Иванович Вернадский», обстоятельно освещающую жизненный и творческий путь нашего великого ученого. Недавно вышли в свет и две другие замечательные книги о В. И. Вернадском: «Владимир Вернадский. Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков (1993, составитель Г. П. Аксенов) и «Вернадский» (1994, автор Г. П. Аксенов). Эти и другие публикации существенно обогатили научную базу учения о биосфере и дали надежную опору для ориентировки в современных экологических проблемах.

Как видим, появление, а затем быстрое и резкое обострение глобальных экологических проблем возбудило интерес к учению о биосфере, но, к сожалению, оно подверглось искажению – в зависимости от профессиональной подготовки и профессионального интереса ученых, занимавшихся исследованием экологических проблем. В литературе можно обнаружить широчайший спектр биологических, геологических, географических, термодинамических, физико-химических и других оттенков и направлений трактовки данного учения.

Заслуга Н. В. Тимофеева-Ресовского, что он решительно выступил против этого «расползания, растекания» учения о биосфере по различным уголкам научного знания и приспособления под

ту или иную научную дисциплину. Он направлял возникший интерес к учению о биосфере в русло классического наследия Докучаева, Вернадского, Сукачева, Полынова, Вавилова.

На наш взгляд, необходимо создать самостоятельные научно-организационные структуры, которые должны исследовать биосферу и ее эволюционное развитие под влиянием быстро нарастающей антропогенной нагрузки на биосферу. Исследование биогеохимических механизмов и закономерностей, разработка концепции динамической устойчивости и организованности биосферы, биогеохимических критериев исследования эволюции почв и биогеоценозов – вот приоритетные направления современного исследования состояния и эволюции биосферы.

В биосферных исследованиях могли бы обновиться замечательные учреждения нашей страны – Географическое общество, Московское общество испытателей природы, Комиссия по изучению естественных производительных сил, а также Вольное экономическое общество, которое недавно возродилось.

Существенную роль в этом направлении должна сыграть новая волна краеведческих и исторических работ, а также развертывание сети заповедников и национальных парков.

Учитывая, что в основе биосферных исследований лежит концепция историзма, мышление большими отрезками времени, огромное значение приобретает развитие комплекса исторических наук (геология, палеонтология, археология, этнография и др.). Без знания исторических, временных тенденций развития невозможно дать надежный прогноз развития природных систем, вовлеченных в человеческую деятельность.

Точно так же в музейном деле следует сделать акцент на работу с «временными» коллекциями, то есть с образцами и экспонатами, собранными в одном месте в разное время. Например, необходима коллекция почв, в которых содержались бы образцы, взятые от конца прошлого века и до конца нашего века. Весьма поучительно сравнить современные почвы с их образцами, собранными в доатомную, допестицидную, домелиоративную эпоху. В этом же направлении нужно вести работу с гербариями, чучелами и т. д.

Развитие биосферных исследований непременно должно быть сопряжено с подготовкой кадров в средней и высшей школе, способных реализовать биогеохимические принципы в понимании и прогнозировании динамики развития сложных природных систем. Соответствующая перестройка в духе синтетического типа мышления должна произойти и в структуре вузовской науки, и в учебных вузовских программах. В качестве первого шага целесообразно создание при естественных факультетах университетов (биологических и географических) отделений биогеоценологии и ландшафтоведения. Особое внимание следует уделить отбору и подготовке личностей, способ-

ных мыслить в духе натуралистов, чувствующих и понимающих красочную палитру и полифонию природы.

Еще одно авторское отступление

Теперь настала очередь высказаться мне – Федорову В. М., третьему соавтору этой книги, потому что первым ее соавтором является Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Я беру слово потому, что эта научная книга – особенная: она о связи времен и поколений, и прежде всего поколений ученых.

Николай Владимирович замкнул собой три поколения ученых, рождавших и вынашивавших учение о биосфере. Он же открыл новый, «радиоактивный» период его развития, совпавший со временем стремительного распада единства человечества с биосферой. Он еще застал начало развала страны «эпоху застоя», сменившуюся «перестройкой», а затем «смутным временем». В эти трудные времена высота и напряженность биосферной научной мысли Николая Владимировича поддерживалась лишь несокрушимым усилием Анатолия Никифоровича Тюрюканова. Он принял из его рук эстафету биосферного естествознания.

Николай Владимирович был Солнцем, притягивавшим к себе людей. Это Солнце пускало в рост и согревало учеников. От древних мудрецов дошла до нас просьба-призыв к Учителю: «Не корми меня, но укажи мне Путь». Эту святую обязанность Учителя и выполнял Николай Владимирович: как маяк, он освещал Путь своим ученикам.

Его спрашивали: «Николай Владимирович, как глава научной школы, как Учитель, скажите, кого вы считаете своим учеником?» На этот вопрос он отвечал: «Вообще-то звание Учителя человеку присваивают его ученики, чаще всего посмертно. И я не могу говорить о себе как об Учителе». Но спрашивающие не унимались: «И все же, Николай Владимирович, кого вы могли бы назвать своим учеником?» «Ну разве что Тюрюканыч», – последовал ответ.

То, что Николай Владимирович выделил Анатолия Никифоровича среди своих учеников, не было проявлением каких-то особенных личных симпатий к нему. То есть симпатия, конечно, была, и для всех она была очевидна и несомненна. Но было и другое – он «сотворил» Анатолия Никифоровича своим учеником.

И вот как это было. Мне об этом рассказывал Анатолий Никифорович, но я попросил его разрешить мне воспроизвести его рассказ так, как он лег мне на сердце... В первый раз приехав в Миассово на семинар, Анатолий Никифорович, как все приехавшие, получил приглашение выступить с научным сообщением по теме своего исследования. Его рассказ о судьбах докучаевского почвоведения произвел необычайно сильное впечатление на Ни-

колая Владимировича. Тогда и поставил Николай Владимирович «свою метку» на Анатолии Никифоровиче. Спустя несколько дней Николай Владимирович прогуливался вместе с Алексеем Андреевичем Ляпуновым, как обычно остро пикируясь по вопросу о кибернетических аспектах жизни. В беседе принимал участие и Анатолий Никифорович. Николай Владимирович ходил очень быстро и никак не мог удержать себя возле собеседников, идущих неторопливым прогулочным шагом. Он убегал вперед, а затем так же быстро возвращался к ним, мгновенно вклинивался в беседу и снова убегал вперед. В промежутках между этими «включениями» Николая Владимировича в беседу Анатолий Никифорович рассказывал Алексею Андреевичу о почвоведении. И вот, подбежав к ним в очередной раз, Николай Владимирович напористо сказал Анатолию Никифоровичу: «Вот то почвоведение, которым ты занимаешься, и есть настоящая наука». Так спор о кибернетических аспектах жизни он одним рывком перевел в более высокую область научной мысли. «То, что он мне сказал, – признавался Анатолий Никифорович, – было для меня как удар молнии. Он родил меня как ученого». Таким актом рождения, сотворения и устанавливается истинная связь между Учителем и учеником – продолжателем дела своего Учителя. А иначе ученики становятся, как говорится, эпигонами, способными, хотя и с некоторыми душевными колебаниями, свернуть со столбовой дороги, проложенной Учителем.

Работая вместе, Николай Владимирович и Анатолий Никифорович инициировали друг друга научными идеями. Их роднило историческое чутье ко всем явлениям жизни и пронзительная любовь к Родине. Могучие корни родословной Николая Владимировича вливали в них ощущение «битвы времен» и планетарное восприятие естественноисторических процессов развития биосферы и человечества. А Анатолий Никифорович по мере своих сил выставлял «заградительную сеть», которая оберегала Николая Владимировича, не вписывавшегося ни своей сокровенной сутью, ни событиями своей жизни в навязанные советским людям алгоритмы идеологического, научного и нравственного поведения.

Оба они обладали изумительной способностью пробиться через окостеневший многослойный панцирь разного рода теоретических конструкций и выйти к живой душе человека. Это – принцип их научной работы. Я вспоминаю, как примерно год тому назад Анатолий Никифорович спросил меня: «Знаешь ли ты, что сейчас нужно интеллигенции?» Я молчу, по его тону чувствуя, что последует какая-то неожиданность. «Так вот, – говорит он, – сейчас самое главное – не затюкать интеллигенцию информацией. В нее нужно влить жизненные соки. Поэтому я трачу себя на различные выступления».

В основе этой книги – творческое научное содружество Николая Владимировича и Анатолия Никифоровича. И все же мне, как соавтору и ученику Анатолия Никифоровича, надлежит сказать,

что многие идеи, высказанные в этой книге, стали результатом концентрации, фокусирования и развития научной мысли Анатолием Никифоровичем. Мне надлежит подчеркнуть, что целый ряд ключевых опорных пунктов этой книги создан Анатолием Никифоровичем. Понятия «биосферный класс наук», «биосферное естествознание», идея перевода сельского хозяйства на биогеоценотическую основу, идея временного ресурса организованности биосферы, идея биосферно-территориального районирования биосферы и ряд других идей – это уже творчество Анатолия Никифоровича.

Вспоминается такой эпизод. Это было в 1978 году, когда Анатолий Никифорович «ставил меня на ноги» в понимании учения о биосфере и безжалостно сдирал с меня научные, философские и бытовые предрассудки. После очередного «обдирания кожи» я скрывался, а потом, нарастив новую кожу, снова являлся к нему. Так что он иногда называл меня «резидентом», который то затаивается, то вдруг неожиданно объявляется. И пока он не убедился, что я твердо стою на ногах, он частенько провожал меня словами: «Винцент, не скурвись!», т. е. не сверни с Пути. При наших встречах он рассказывал, я – слушал. И однажды, когда он по ходу развития мысли пришел к мощному научному обобщению, я с досадой заметил, что не вижу возможности все услышанное изложить на бумаге и донести до других. Какой-то еще один шаг нужно было сделать. Анатолий Никифорович сделал этот шаг. Когда я через несколько дней пришел к нему, он встретил меня словами: «Нужно просто ввести понятие биосферного класса наук». Меня охватила волна спокойствия и радости – все, о чем Анатолий Никифорович размышлял во время наших встреч, сразу же выстроилось в стройную систему. Его мысль засверкала новыми огнями. Так и было.

Творческое содружество Николая Владимировича и Анатолия Никифоровича стало исходной точкой роста моего биосферного мировоззрения. Во всех наших с Анатолием Никифоровичем научных собеседованиях всегда незримо присутствовал Николай Владимирович.

Так что мне в жизни очень повезло – я не только оказался в «термодинамическом поле» блестящего научного дарования Анатолия Никифоровича, но и через него ощутил могучий энергетический ток, исходивший от Николая Владимировича.

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Жить на «проценты с оборота» основного капитала биосферы

Почвы – что тарелка: что на нее положишь, то и возьмешь.

В. В. Докучаев

К проблеме повышения биопродуктивности Н. В. Тимофеев-Ресовский подошел с биосферно-биогеоценологической позиции и сформулировал принципиально новое положение о том, что человечество *должно научиться жить «на проценты» с круговорота вещества и энергии в биосфере, не истощая, как это имеет место до сих пор, а, наоборот, наращивая природные ресурсы и производительные силы биосферы*[1]. *Организованность биосферы и ее систем, плотность и разнообразие живого населения – вот наш «основной капитал», «страховой полис» человечества.* Только наращивая скорость и масштабы обращения этого «капитала» и живя на проценты с этого оборота, человечество может обеспечить свое будущее.

Ничего неожиданного в таком рассуждении нет – ведь многовековая земледельческая практика всегда искала пути ускорения круговорота вещества на земледельческом поле. Главное в размышлениях Н. В. Тимофеева-Ресовского, что биосферно-биогеоценотическое землепользование выдвигается как единственно возможная основа существования человечества – в противовес технологической стратегии развития производства, лишь потребляющей природные ресурсы. Единственное, что может предложить технологическая мысль, – переход на ресурсосберегающие технологии. Это вообще очень здравая идея, устанавливающая один из необходимых элементов любой производственной деятельности. Но если в процессе производства потребление природных ресурсов биосферы преобладает над их восстановлением, если расходуется «основной капитал» биосферы, то переход к ресур-

---

[1] См. ст. Н. В. Тимофеева-Ресовского «Биосфера и человечество» (с. 52 наст. сборн.).

сосберегающим технологиям только отодвигает приход «судного дня» для человечества. Вот к какому выводу пришла группа ученых Римского клуба в 1972 году: «Если современные тенденции роста населения, индустриализации, загрязнения окружающей среды, производства пищевых продуктов и истощения ресурсов останутся впредь неизменными, то пределы роста на нашей планете будут достигнуты в какой-то из моментов следующего столетия»[1].

Книга, в которой сформулирован этот вывод, была названа авторами «Пределы роста». Она потрясла общественное сознание. И не случайно: всего столетие тому назад утвердилась мысль о закономерном и естественноэволюционном развитии человечества, а теперь обнаружилось, что ограниченность природных ресурсов ставит предел роста человечеству. Человечество теряет почву под ногами, оно утрачивает основу основ – природные предпосылки своего существования.

Напомним, «Пределы роста» вышли в 1972 году[2], а статья «Биосфера и человечество» – в 1968-м. И речь в этой статье идет именно о природных предпосылках жизни человечества. Мы уже говорили о том, что технологическая мысль теряет из поля зрения природный процесс эволюции биосферы. Биосфера рассматривается как нечто застывшее, а исторический процесс развития человечества сосредоточивается лишь в области технологического творчества и наращивания индустриально-материальной базы производства. Такой «технологический вариант» развития человечества не имеет ничего общего с классическим наследием науки прошлого века – с идеей эволюционного развития мира и тем более с главным результатом развития эволюционной идеи – представлением о взаимосвязанной естественноисторической эволюции биосферы и человечества.

Неоценимая заслуга Н. В. Тимофеева-Ресовского состоит в том, что он возвращает нас к классическому наследию науки. В отличие от авторов «Пределов роста», исследование которых остается в рамках технологического типа мышления, Николай Владимирович перемещает все внимание на перспективы эволюционного развития биосферы, когда активно действующим фактором ее эволюции становится человечество. Отсюда и тот новый акцент, который он вносит в стратегию развития технологии: технологическая мысль должна быть об-

---

[1] *Meadows D. N., Meadows D. L., Renders J., Berhens W. W.* The Limits of Growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. N. Y., 1972. P. 23.

[2] Недавно вышла вторая книга – «За пределами роста», где говорится о неизбежности Экологической революции, которая должна изменить приоритеты и ценностные ориентиры человечества. Авторы обладают дарственной книгой Медоуза (в русском переводе) и встречно благодарят его.

ращена на всемерное развитие тех потенциальных возможностей, которые несет в себе биосфера.

Иными словами, стратегию развития технологии Н. В. Тимофеев-Ресовский рассматривает не с точки зрения самодовлеющего развития технологической мысли, а в рамках более общей проблемы «биосфера и эволюция». Технологическая мысль – не самоцель, а новое мощное средство ускоренной эволюции биосферы, когда впервые могут быть реализованы те ее потенциальные возможности, которые остаются втуне без вмешательства высокотехнологически оснащенного человечества.

Николай Владимирович подчеркивал, что в общей проблеме «биосфера и эволюция» можно различить два основных направления. Первое – это тривиальная неизбежность эволюции биогеоценозов в связи с протекающей беспрерывно эволюцией всех видов живых организмов. Второе, «прогрессивное», связано с повышением интенсивности вещественно-энергетического круговорота, изменением самих биогеоценозов как систем. «В предвидимом будущем, – писал Н. В. Тимофеев-Ресовский, – несомненно, примут конкретные формы идеи В. И. Вернадского об эволюции биосферы в связи с эволюцией «живого вещества» и начнет развиваться новый раздел эволюционной биологии – эволюция биогеоценозов и биосферы».

Итак, проблемой «биосфера и эволюция», идущей в русле вековых традиций развития естественнонаучной мысли, Н. В. Тимофеев-Ресовский задает вектор осмысления глобальных проблем современности, в том числе демографической, поскольку речь идет о природных предпосылках существования человечества. Характерно, что демографическая проблема наиболее отчетливо выявила плодотворность предложенного В. И. Вернадским рассмотрения человечества как однородной части живого вещества – ведь в данной проблеме ставится вопрос о «критической массе» человечества в целом, которую способна выдержать биосфера.

Живое вещество создает и поддерживает планетарный круговорот вещества и энергии. Развивая идеи Вернадского и Тимофеева-Ресовского, мы пришли к выводу, что целесообразно выделить три типа круговорота: биологический, биогенный и биогеохимический.

Биологический круговорот протекает в пределах телесных границ живых организмов (приток и отток веществ из одних органов в другие, через биолиты и т. п.) и характеризует биологические процессы метаболизма. Данный круговорот изучается биологическими науками – физиологией, биохимией, биофизикой и т. д.

Биогенный круговорот биогеоценозов складывается из совокупности биологических круговоротов и изменений, происходящих под действием косных (физических, химических, механических и т. п.) факторов. Исследование этого типа круговорота является задачей биогеоценологии.

Наиболее простой и распространенный способ изучения круговорота в биогеоценозах заключается в отслеживании концентрирования и рассеивания химических элементов в различных компонентах биогеоценоза (почвах, растениях, микрофлоре, газовой фазе биогеоценоза, водах и т. д.) с помощью зольного анализа. Однако зольный анализ явно недостаточен. Он статичен и не учитывает огромное количество питательных веществ, ферментов и шлаков, перемещаемых растениями в процессе жизнедеятельности. Суммарная масса веществ, участвующих в прижизненных процессах поглощения и выделения за все время существования организмов, во много раз превышает их массу.

Кроме биологического и биогенного существует *биогеохимический* (собственно биосферный) *круговорот,* определяющий миграцию химических элементов в биосфере в целом. В этом случае живое вещество также играет определяющую роль в передвижении и перераспределении химических элементов. Характерной чертой биогеохимического круговорота является изъятие из него и отложение на длительное время (иногда – на миллионы лет) химических элементов в виде залежей угля, нефти, бокситов, известняков. Отложение этих элементов происходит обычно в зоне геохимических барьеров. Углерод и водород, входящие в состав осадочных пород, являются «геохимическими аккумуляторами» солнечной энергии, которой они «зарядились» в ландшафтах земной поверхности.

Осадочные породы – продукт биосферы – в геосинклинальных зонах, неоднократно погружаясь на большие глубины, превращаются в магматические породы. Последние, попадая при орогенезе вновь на земную поверхность, разрушаясь, дают материал для новых осадочных пород. Так осуществляется в земной коре большой круговорот вещества и энергии. Изучение роли живого вещества в этом круговороте составляет задачу биогеохимии.

Важнейшей характеристикой круговорота является его емкость и скорость. Часто под скоростью имеют в виду количество живого вещества, образующегося за единицу времени. С геохимической точки зрения подобное представление о скорости круговорота не является полным и достаточным. Ведь в процессе круговорота происходит самообновление организмов, обеспечиваемое сочетанием их поглотительной и выделительной функций. Именно за счет этих функций осуществляется геохимическая работа живого вещества, которую они выполняют не путем простого накопления, т. е. всасывания и депонирования, а способом кругового движения. В связи с этим целесообразно за меру биогеохимической активности организма принять массу химических элементов, перемещаемую им в ходе метаболизма за единицу времени. Таким образом, мы пришли к важнейшему выводу о том, что скорость круговорота элементов определяется временем, затрачиваемым живыми организмами в биогеоценозе на биогенный перенос тако-

го количества данного элемента, которое равно его содержанию в этих организмах в данное время.

Этот вывод сделан на основании многолетних исследований в рамках радиационной биогеоценологии в так называемых «кавалерийских опытах», которые мы поставили в обнинский период период моей работы с Николаем Владимировичем. Суть этих опытов состояла в следующем. В два изолированных сосуда, точнее, в один сосуд, разделенный перегородкой, вводился раствор Кноппа или же насыпалась почва. На перегородку высаживались растения пшеницы, так что половина корней была в одном отсеке, а другая – во втором.

В один из отсеков вводилась радиоизотопная метка и в течение опыта наблюдали, как тот или иной радиоизотоп перемещался через растение в чистый отсек.

Наблюдения и вычисления показали, что количественно полный обмен в системе раствор – растение – раствор совершается с очень большой скоростью. Так кальций обращался в этой системе за 1,2 суток; стронций за четверо суток; фосфор за 15 дней и т. д. Более медленный круговорот оказался у марганца – 28 дней, цинка – 20 дней, иттрия – 19 дней, кадмия – 28 дней и совсем не передвигается в системе вольфрам – 310 дней. Всего нами было изучено, таким образом, 19 элементов, что дало основание составить феноменологическую классификацию их по скорости круговорота в системе раствор – растение – раствор, разбив их на быстро-, умеренно- и медленно вращающиеся элементы.

Эта работа была доложена на международном симпозиуме. Методы изучения продуктивности в корневых системах и ризосфере организмов (Methods of productivity studies in root systems and rhizosphere organisms), который состоялся в 1968 году[1] .

Главной «козырной картой» в решении проблемы повышения общей биологической продуктивности биосферы оказывается скорость круговорота вещества и энергии, понимаемая в вышеуказанном геохимическом смысле.

Обрисовывая большой биогеохимический (биосферный) круговорот вещества и энергии, Н. В. Тимофеев-Ресовский выявляет три важнейших звена в решении проблемы повышения биопродуктивности биосферы: 1) энергетический вход в биосферу в виде солнечной энергии, 2) большой биогенный круговорот вещества, охватывающий как отдельные биогеоценозы и их совокупности, так и витасферу в целом, и 3) выход из этого биогенного круговорота в «геологию», в осадочные и вторичные горные породы, мощным слоем покрывающие лик Земли.

---

[1] *Тюрюканов А. Н., Снакин В. В.* Об изучении скорости биогенного круговорота химических элементов в биогеоценозах. В кн.: Биосфера и почвы. М., 1976. С. 5–20.

Геологическая история планеты начинается с захвата фотосинтетиками лучистой энергии Солнца, с помощью которой осуществляется синтез высокомолекулярных соединений, богатых энергией. Жизнь планеты была бы невозможна, если бы планету не обтекал солнечный луч – постоянный, непрерывно действующий и неисчерпаемый источник энергии. Вбирая в себя солнечную энергию, живое заряжает ею биосферу, повышая ее энергетический потенциал. Непрерывность и неисчерпаемость солнечной энергии определяет непрерывность геологической истории планеты. Таков «вход» в биосферу. Все последующее определяется вступлением синтезированных живым веществом химических соединений в геохимический круговорот вещества в биосфере.

Биосфера – хранилище памяти геологической истории планеты, «написанной» взаимодействием живого вещества с неживым. Главные действующие лица этой истории – биокосные системы (почвы и биогеоценозы), а ее «исполнители» – исторически меняющиеся сообщества (биоценозы) различных видов организмов.

Уже на уровне «энергетического входа в биосферу», говорит Н. В. Тимофеев-Ресовский, можно добиться повышения биологической производительности биосферы по крайней мере в два раза. Для этого необходимо повысить плотность зеленого покрова Земли. Небрежно обращаясь с лесами, лугами, полями, строительными площадками, недостаточно озеленяя пустыни, степи, мы сокращаем массу живого вещества и снижаем плотность зеленого покрова. Но, замечает он, как раз современная техника и уровень современной промышленности теоретически позволяют нам проделать обратную работу, т. е. повышать всемерно на всех пригодных для этого площадях земной поверхности и в водоемах, особенно пресноводных, плотность зеленого покрова. Учитывая, что КПД поглощения солнечной энергии различен у разных видов растений (от 2 до 8%), целесообразно повышать процент участия в растительных сообществах покрывающих Землю растений с наивысшими, а не наинизшими КПД.

Таким образом, уже на энергетическом входе в биосферу для нас открываются большие возможности по активизации живого вещества планеты и, следовательно, повышения биопродуктивности биосферы.

Столь же огромны потенциальные возможности повышения биологической производительности планеты и во втором звене – большом биогенном круговороте вещества в пределах витасферы. Изучение круговорота веществ и трансформации энергии в биогеоценозах только начато. Пока лишь можно предполагать, что равновесное (стационарное) состояние биогеоценозов в природе достигается за счет оптимизации круговорота вещества и потоков энергии в нем. Энергия, поступающая в почву с биоорганическими веществами, перераспределяется по различным структурам и компонентам почвы: пленочная, гигроскопическая и другие виды

почвенной влаги, кристаллические решетки вторичных почвенных глинистых минералов, синтез гумуса и т. д. Надежность работы биогеоценоза, этой сложной системы прямых и обратных связей между его звеньями, зависит от уровня и надежности работы почвенных организмов по деструкции (разрушению) и реутилизации метаболитов высших растений. Биогеоценозы и витасфера в целом – это энергетический и информационный мотор биосферы, задающий тип ее организованности.

Конечным этапом исследования факторов, определяющих надежность и длительность функционирования биогеоценозов, должна стать расшифровка механизмов управления биогеоценотическим процессом в природе, прогноз векторов и темпов этого процесса в разных зонах и ландшафтах и формулировка предпосылок к созданию научной концепции ведения хозяйства на биогеоценотической основе. Это означает эффективное использование биологических ресурсов лишь в размере «процента с оборота» веществ в биогеоценозах будущего. Создание биогеоценозов, работающих с высоким КПД и значительной надежностью в открытой или замкнутой среде, станет возможным после детального изучения механизмов управления в природе в комбинации с экспериментальным и математическим моделированием частных процессов в биогеоценозе и почвах.

Человечеству еще предстоит встать на этот путь воспроизводства биологической продукции. Уже путем рационализации использования «дикой» живой природы можно сделать очень много. Весьма вероятно, что целый ряд дикорастущих видов могут оказаться более полезными и более высокопродуктивными, чем те, которые сейчас используются человеком. Достижения в изучении структуры и работы генотипа, наследственного кода информации открывают огромные возможности ускоренной и более эффективной селекции культурных растений и домашних животных и повышения их продуктивности.

Охрана, сбережение и рациональное использование генофонда живого вещества планеты – одно из главнейших направлений деятельности человечества. В связи с этим Н. В. Тимофеев-Ресовский выражал тревогу, что при бурном развитии некоторых современных разделов экспериментальной биологии *классические описательные разделы полевой и музейной ботаники и зоологии* в известной мере замерли, «захирели» и отступили на задний план. Развитие этих классических разделов биологии именно сейчас является важнейшей задачей. «Необходима, – подчеркивал он в книге «Краткий очерк теории эволюции»,– полная и по возможности *количественная инвентаризация флоры и фауны* для решения задач, связанных с повышением биологической продуктивности Земли... Утеря генетического разнообразия вида – не только утрата многотысячелетних результатов предшествующей эволюции, но и, как правило, снижение устойчивости вида к воздействию неблагопри-

ятных факторов среды». Из сказанного ясно, что любым мероприятиям по изменению природы, включая, в частности, и освоение под агроценозы ранее не использовавшихся природных биогеоценозов, должно предшествовать не только технико-экономическое обоснование, но и тщательнейший эволюционный анализ, предусматривающий и *прогноз смены ценозов, отдельных видов, изменения генофонда популяций хозяйственно ценных и существенных для функционирования биогеоценозов видов».*

Не заглушая и не уничтожая, а, наоборот, всемерно поддерживая и оптимизируя естественные механизмы воспроизводства биопродукции, учитывая весь сложнейший комплекс природных взаимосвязей в биогеоценозах и витасфере в целом, мы способны, по мнению Н. В. Тимофеева-Ресовского, не менее чем в три-четыре раза повысить биологическую продуктивность Земли.

Здесь необходимо остановиться еще на одной важнейшей стороне данного вопроса. Как мы уже хорошо знаем, современные интенсивные технологии земледелия позволяют добиться весьма впечатляющих результатов в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Но столь же хорошо мы знаем, что обратной стороной этих достижений является сильнейшая эрозия почв. Причина эрозии – резкое нарушение установившегося в природе равновесия между видами, образующими биоценоз, а также между живыми и косными элементами биогеоценоза.

Знание характера и типов равновесий в биогеоценозах и их совокупностях и в витасфере в целом становится абсолютно необходимым условием для прогнозирования последствий нашего вмешательства в работу биосферы и предотвращения отрицательных последствий подобного рода вмешательства. На это обстоятельство Н. В. Тимофеев-Ресовский обращал особое внимание. Он писал: «Человеку ведь, улучшая сообщество в живом покрове Земли, придется делать это, не нарушая равновесия, а так, чтобы переводить сообщества организмов в разных местах из одного, менее выгодного для человека и менее продуктивного, в более выгодное и более продуктивное равновесное состояние. Следовательно, когда человек разрешит *проблему равновесия в живой природе,* он из биосферного круговорота сможет извлечь еще много больше, потому что тогда действительно сознательно, научно, на рациональных основах сможет в свою пользу и по своему усмотрению изменять и улучшать биологические сообщества, населяющие Землю».

Наконец, большие резервы повышения биопродуктивности содержатся в третьем звене большого биогеохимического круговорота вещества – там, где происходит выход биогенных процессов «в геологию», где энергетически богатые биоорганические вещества и ценнейшие биологически активные вещества распадаются на фрагменты или минерализуются до простейших растворимых в воде неорганических солей. В этом процессе деструкции органиче-

ского вещества принимают участие живые организмы. Часть продуктов распада служит пищей для организмов и, таким образом, возвращается в биогенный круговорот вещества, но другая часть «уходит в геологию», выпадает из биогенного круговорота.

В «точке выхода в геологию» происходит сложнейший комплекс химических превращений веществ, к сожалению, практически совершенно не исследованный. Вероятно, целесообразно наряду с понятием макромолекул (к которым относятся специфические для живого вещества органические соединения) и малых (неорганических) молекул ввести понятие мезомолекул (мезоструктур). Можно полагать, что важнейшая роль алюмосиликатов глины заключается в том, что они препятствуют полной деструкции высокомолекулярных органических соединений и приостанавливают процесс деструкции на стадии возникновения мезоструктур. Мезоструктуры способствуют сохранению коллоидов почвы и поддержанию нормальной структуры и, следовательно, биопродуктивности почв. Таким образом, мезоструктуры выполняют важнейшую биосферную функцию.

Одной из таких мезоструктур, возникающих на «выходе в геологию», является сапропель, образующийся из детрита ила. Это высокоценный биосферный продукт, который может быть использован (и в ряде стран, как, например, в Японии, давно широко используется) и для получения пищевой продукции, и в качестве кормового материала для скота, и в качестве органического удобрения. Из него могут быть получены ценнейшие медицинские препараты.

«Дело не в сапропеле как таковом, – говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский, – а гораздо в большем: в будущем на выходах из большого биосферного круговорота будут сидеть инженеры-биотехники, задачей которых будет не допускать деградации вещества, выходящего из большого круговорота биосферы, до состояния малоценных мелких молекул, неорганических солей, в конечном счете какой-нибудь известки, получаемой из известняков, образующихся в виде осадочных горных пород в океанах и морях. Эти инженеры-биотехники будут ловить выходящие из круговорота биосферы вещества в формах значительно более ценных больших органических молекул: углеводов, белков и жиров, бесконечно более полезных людям».

Таким образом, биосферно-биогеоценотический подход показывает поистине огромные возможности увеличения биологической продуктивности на нашей планете. Можно лишь удивляться тому, сколь мало мы используем возможности, таящиеся в сложной организованности биосферы. Мы действуем «с точностью до наоборот»: упрощаем и разрушаем организованность биосферных систем. Под влиянием прессинга экологических проблем мы доросли до понимания необходимости охраны природы. Но мы еще не доросли, особенно имея в виду практику, до понимания, что

организованность биосферы есть тот величайший дар природы, который составляет основную природную предпосылку развития человечества и цивилизации.

Почвы – супербазис человечества

> Чернозем дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железных руд; в нем – вековечное, неистощимое русское богатство.
>
> *В. В. Докучаев*

Почвы – «нервный центр» биосферы, ее следящая и управляющая система. Вполне достаточно разрушить этот «нервный центр», чтобы исчезла биосфера. Здесь, в почве, замыкается круговорот биосферных процессов. Все, что человек творит, а точнее говоря, вытворяет в природе, неминуемо отражается на жизни почв. Любое зло, причиняемое человеком природе, оборачивается против почвы. А человек все еще продолжает насилие над ней, не понимая, что его судьба заключена в судьбе почвенного покрова планеты. Верно говорят, что почва – не мертвый грунт, а живая «кожа планеты». Следует лишь добавить, что кожа эта – шагреневая: вместе с сокращением почвенного покрова сокращается и жизнь человечества.

С глубокой древности существует представление о четырех основных природных стихиях – земле, огне, воде и воздухе. Но только с докучаевского учения о почве началось понимание того, что почва представляет собой *гармоничное единство* этих основных природных стихий. В этом состоит особенность почвы как природного тела. Почва и жизнь на планете неразрывно связаны: живое вещество, организмы есть то деятельное начало, которое устанавливает гармонию природных стихий, а почва – эта «пленка жизни» – обладает уникальным свойством, называемым плодородием. С поклонения богине плодородия начиналась человеческая культура, а ее упадок начинается с оскудения почв.

С почвой связаны все основные проявления жизнедеятельности биосферы. Между тем возобладал узкоутилитарный взгляд на почву лишь как на средство производства необходимой человеку сельскохозяйственной биопродукции. С развитием агроиндустрии в нашем веке этот подход приобрел еще более жесткий характер. По существу, была предпринята попытка заместить целый ряд естественных условий производства биопродукции на искусственно создаваемые условия (искусственное внесение минеральных удобрений, механическая обработка почвы, использование химических средств защиты и стимулирования роста растений, искусственная регуляция гидрорежима почв и т. д.).

В 60-е годы, в момент триумфа агроиндустрии («зеленая революция»), когда еще не вполне ясно обозначились гибельные ее последствия для человеческой цивилизации, Н. В. Тимофеев-Ресовский вместе с одним из авторов этой книги А. Н. Тюрюкановым выступили с идеей перевода сельского хозяйства на биогеоценотическую основу. Это означает отказ от монокультуры (выращивания лишь одной культуры на поле), которая веками господствовала в земледелии. Монокультура имеет крупные недостатки – ухудшает структуру и истощает почву, стимулирует рост сорняков и т. д. Жизнь в сообществе, в биогеоценозе является естественным способом существования любого организма. Монокультурный же способ хозяйствования вырывает выращиваемые на полях растения из естественных условий, лишает растения их естественных средств защиты и природных союзников – других растений, насекомых-опылителей, микрофлоры и микрофауны почв. Чистые посевы с частой перепашкой почвы – это изобретение человека, а не природы. Человек в земледелии стартовал от монокультуры и постепенно пришел к идее севооборота. Уже в этой идее лежат истоки биогеоценотического подхода, так как севооборот предполагает профилактику почвоутомления, обогащение почв азотом (посев бобовых), борьбу с вредителями растений, посев медоносов и т. д.

Монокультурное земледелие сокращает – и весьма значительно – время фотосинтетической работы растений на полях. В этом отношении оно находится в резком противоречии с естественным ходом биосферно-биогеоценотических процессов. В природе после зимы в некоторый момент в лесах, степях, на лугах и болотах растения мгновенно трогаются в рост. Зеленый покров стремится максимально захватить энергию Солнца, включив при этом в работу вещество почвы. В природе почва практически ни одного дня не бывает без зелени, дающей нам органическое вещество, кислород и многое другое. На сельскохозяйственных же угодьях почва лишена длительное время зеленого покрова. После таяния снегов не сразу наступает физическая зрелость почвы, и это задерживает пахоту, затем наступает время обработки почвы и сева, потом – ожидания всходов. Можно представить, как снижается биопродуктивность на полях по сравнению с постоянно вегетирующими природными сообществами, которые к тому же, имея ярусную структуру, более полно используют энергию солнечного луча и, соответственно, почвенные ресурсы.

В настоящее время вводится чередование культур в виде полосных систем в пространстве и времени, совместное культивирование низкои высокостебельных растений, бахчевых и кукурузы, плодовых с междурядной культурой трав или пропашных и т. д. Поликультура, как правило многоярусная, увеличивает общее количество поглощаемой на поле растениями солнечной энергии и усиливает санитарно-мелиорирующую функцию растений; зате-

нение почвы высокоярусной культурой уменьшает испарение влаги и т. д. В результате не только возрастает общая биопродуктивность полей, но и предотвращается эрозия почв. Смешанные посевы, таким образом, позволяют более полно использовать природные возможности сообщества растений и за счет этого существенно снизить применение минеральных удобрений и пестицидов.

Главный смысл идеи перевода сельского хозяйства с монокультурной на биогеоценотическую основу заключается в максимальном приближении сельского хозяйства к естественным, т. е. биогеоценотическим, условиям и механизмам производства биопродукции. Решая эту задачу, мы способствуем восстановлению почв, вовлеченных в сельскохозяйственную деятельность, их биосферных функций (участие почв в круговороте углекислого газа и метана, во многом определяющего состояние климата на планете, в концентрации и рассеивании химических элементов в почвенном и подпочвенном слое, в регуляции водного режима территорий и т. д.). Сельское хозяйство превратилось в чисто экономическую категорию, между тем сельскохозяйственная деятельность должна стать важнейшим *естественноисторическим* компонентом жизни биосферы в целом. Вот почему мы считаем, что с переводом сельского хозяйства на биогеоценотическую основу необходимо говорить о *сельскохозяйствовании.* В отличие от термина «сельское хозяйство», термин «сельскохозяйствование» относится не к экономическому, а естественноисторическому порядку категорий.

В XX веке через поле земледельца прошли основные «силовые линии» столкновения биосферы с техносферой. Вся мощь науки была брошена на развитие индустрии, а сельское хозяйство, как падчерица, донашивало эти «индустриальные» платья.

Тяжелая сельскохозяйственная техника – дубликат военной техники. В годы войны механизаторы сельского хозяйства без труда пересели на танки. И после войны трактористов готовили под танкистов, а тракторы изготовлялись с расчетом их использования в боевых условиях. Наши поля стали танкодромами. Тут уж нашим почвам совсем стало нелегко. В почвах душилось и давилось все живое, а что уцелевало случайно – становилось жертвой «заботливых»» химизаторов.

Тяжелые тракторы снабдили мощными плугами, и в приказном порядке всегда и везде стали пахать на глубину 24–26 см. А почвы-то разной мощности. Вот и началось перемешивание плодородного слоя почвы с подпочвенным слоем. Почва – это то, что лежит на месте. В. В. Докучаев не случайно говорил о «нормальном залегании почв». Многократно перевернутая, переуплотненная, смешанная с подпочвенным слоем, почва становится грунтовой подложкой, где черви раздавлены, нарушен микробоценоз почвы, где все не на своем месте. Разрушение структуры почв сразу же вызывает резкое снижение плодородия, которое, по научному определению, состоит в способности почв производить урожай

растений. Из года в год техники, металла на полях прирастало, а вот жизнь уходила с полей. К глубокому сожалению, никакими лозунгами, продовольственными программами и ведомственными перестройками эту пропасть никому никогда не удастся закрыть.

Сельское хозяйство – жертва индустриализации. В нашей стране «курс на индустриализацию и коллективизацию» выкачал из деревни трудовые и материально-финансовые ресурсы. Индустриальные комплексы отобрали лучшие окультуренные земли. Гидростанции, построенные для питания индустрии энергией, затопили плодороднейшие луга, а поля превратились в хранилища отходов и выбросов индустриального производства.

Начатая при Хрущеве великая химизация страны и поныне инерционно продолжает наращивать свою мощь и темп. Ведущие агрохимики страны (Авдонин, Вольфкович, Клечковский, Петербургский и другие) просили резко снизить масштабы и темпы химизации сельского хозяйства, предвидя губительные последствия этой очередной кампании. Но с их мнением не посчитались. Химизацию пропагандировали как один из трех китов стратегии коммунистического вероисповедания, наряду с ленинской советской властью и электрификацией. Химпром, интересы которого активно отстаивал М. В. Каталымов, уверял, что химизация есть надежный способ решения сельскохозяйственных проблем. Каков же итог этой грандиозной кампании? Планировалось, что химизация даст прибавку урожая на 50%, а на самом деле оказалось всего лишь 4%. При этом объем производства минеральных удобрений вполне сопоставим с объемом производства сельскохозяйственной продукции. Так, например, в 1987 году было произведено 36,3 млн. т минеральных удобрений (в пересчете на действующее начало), и в том же году через государственную и кооперативную торговлю населению было продано 38,8 млн. т хлебных продуктов (в пересчете на муку), 10 млн. т картофеля, 14 млн. т мяса и мясопродуктов, 9,4 млн. т сахара и т. д.[1] Таким образом, минеральных удобрений было произведено всего лишь вдвое меньше сельскохозяйственной продукции, проданной населению! В этом смысле сельское хозяйство действительно становится одной из отраслей индустрии.

В промышленно развитых странах агроиндустрия достигла заметных успехов в приросте урожая. Но секрет этого успеха объясняется усиленной и чрезмерной эксплуатацией накопленного за тысячелетия ресурса биопродуктивности почв. Почвы и растения агроиндустрия переводит в допинговый режим работы, а в результате – трудно восполнимая потеря почвенного покрова планеты и его живого вещества.

А вот и еще одна российская беда – мелиорация почв.

---

[1] Народное хозяйство СССР в 1987 году//Статистический ежегодник. М., 1988.

Общеизвестно, что судьбы многих цивилизаций с засушливым климатом были предрешены неумением людей проводить многолетние оросительные мелиорации. Это приводило к вторичному засолению, снижению биопродуктивности территорий, обострению социальных отношений и в конечном счете даже к войнам, ведь мелиорация как система мероприятий определяла вчера и будет определять «судьбу земли» не только сегодня, но и в значительной мере на далекую перспективу.

В 50-е годы в России развернулось грандиозное строительство плотин и водохранилищ на крупных реках (Волжский каскад и др.). Главная цель этого строительства – энергетика, а созданные водохранилища затопили плодородные поймы, но не приостановили, да и не могли приостановить изменение всей гидрологической обстановки в бассейне, направленное в сторону обезвоживания территорий, потому что русла больших рек слишком глубоко врезаны и могут подпирать лишь глубинные горизонты подземных вод. Уровень воды в крупных водохранилищах находится, как правило, ниже уровня грунтовых вод. Напряжение в водном хозяйстве нарастало и нарастает, «цена» воды росла и растет.

Орошение стало обычным явлением на огромных территориях, совсем недавно считавшихся «зонами достаточного увлажнения». Даже исконно влажные места – поймы среднерусских рек – стали орошаемыми территориями, хотя еще недавно их водный режим обеспечивался за счет подпитки верхних горизонтов пойменных почв из грунтовых вод, в свою очередь питавшихся из вод стариц, пойменных озер и притеррасных болот. Спуск воды из этих водоемов резко ухудшил гидрологическую обстановку в поймах рек, а поддержание плодородия и биопродуктивности пойменных ландшафтов человек взвалил на свои плечи в виде дорогостоящих оросительных мелиораций. К тому же поливы ведутся не старичными, а речными водами, в той или иной мере загрязненными индустриальными, сельскохозяйственными и коммунальными отходами, что ухудшает качество продукции, получаемой с этих ландшафтов[1].

Глубокая деградация почв и химическое загрязнение биопродукции вызвали появление так называемых альтернативных систем земледелия – биологической, экологической, биоорганической, восстановительной. Главная особенность этих систем заключается в переходе к минимальной и даже нулевой механической и химической обработке почвы и растений и к более широкому использованию естественных механизмов повышения биопродуктивности почв. Эти системы включают в себя важнейшие

---

[1] Подробнее о влиянии мелиорации на аридизацию суши см.: *Тюрюканов А. Н.* Биосфера, биопродуктивность и сельское хозяйство будущего\\Раздумья о земле. М.: Агропромиздат, 1985.

элементы биогеоценотического сельскохозяйствования: биологический способ накопления азота в почве путем расширения посева бобовых растений, повышение плотности зеленого покрова в агроценозах за счет использования смешанных посевов различных культур и создания многоярусных кулис из растений и кустарников, культивирование и повышение плотности почвенной флоры и фауны, применение новых методов биологической защиты растений, строгое соблюдение севооборотов и «отпуск в залежь» эродированных и «выпаханных» земель, поддержание гидрологического режима почв и многое другое.

В связи с этим следует отметить возрастание интереса к так называемым традиционным системам земледелия, которые еще достаточно широко распространены в развивающихся странах и которые с агроиндустриальной точки зрения рассматривались как безнадежно устаревшие. Между тем самым впечатляющим достоинством (которое только сейчас начинают по-настоящему ценить) этих систем является поддержание в течение многих столетий стабильного состояния почвенного покрова. Мелкая, щадящая почву пахота сохой или обработка ее мотыгой, одновременное выращивание на поле целого ряда культур, устойчивых к вредителям и приспособленных к колебаниям погодных условий, отпуск земли «в залежь» – все эти элементы традиционных систем земледелия способствуют сохранению биопродуктивности почв. Урожайность невелика в сравнении с индустриальной технологией земледелия, но биопродукция выше по качеству, целебнее и питательнее.

Необходимо думать и работать над приростом сельскохозяйственной продукции более чем в 10 раз, при этом стремясь к максимальному сокращению площади пашни. Это не только возможно, но и неизбежно, хотя научные подходы к решению этой задачи далеко не конкретизированы. Но уже ясно, что ее решение должно включать, помимо перевода сельского хозяйства на биогеоценотическую основу, целый комплекс мер, в том числе усиленное развитие пищевой индустрии, включая промышленный биосинтез основных элементов питания и химическую экстракцию необходимых для производства пищи веществ из биопродукции самого разнообразного вида, а также изменение традиционного пищевого рациона человека.

К сожалению, в настоящее время, когда проблема биопродуктивности Земли стала весьма актуальной, общий запас знаний о биологических ресурсах Земли, их географии, биомассе, направлении и темпах изменения растительного и животного мира как в естественной обстановке, так и под влиянием деятельности человека оказался недостаточным. В 1967 году Н. В. Тимофеев-Ресовский и А. Н. Тюрюканов поставили, как важнейшую, задачу в краткие сроки провести учет ресурсов биосферы, определить условия для минимального и максимального использования био-

продуктивности планеты без нарушения общего баланса вещества в биосфере или на отдельных ее участках, выяснить направления и темпы исторического развития конкретных местностей и природных комплексов (ландшафтов и биогеоценозов), особенно в связи с хозяйственной деятельностью человека. Однако задача эта не решена до сих пор.

Работа по инвентаризации биологических ресурсов биосферы должна быть обязательно дополнена подсчетом баланса различных веществ и соединений в биосфере. При этом нужно учитывать, что баланс и круговорот веществ – различные вещи. Балансовые подсчеты не учитывают скорости обращения веществ и потому относятся к категории статических методов исследования. Наоборот, при изучении круговоротов вещества время выступает как ведущий параметр анализа состояния природных систем. Изучение круговоротов дает ключ к управлению биосферными процессами путем уменьшения или увеличения скоростей круговоротов или же путем смены их векторов.

Основатель агрохимии в нашей стране Д. Н. Прянишников говорил, что агрохимия – это наука о круговоротах веществ в системе «почва – растение» на сельхозугодьях. За период вегетации один и тот же атом способен многократно «прокрутиться» в этой системе. Изучив скорость «кругооборотов» различных химических элементов, мы получаем возможность активно влиять на производство биопродукции, не нарушая сам механизм круговорота веществ. К сожалению, этот основной закон агрохимии был проигнорирован агроиндустрией. Химики заботились лишь о том, чтобы «накачать» растения питательными веществами, и пренебрегли фактом круговоротности химических элементов. Хорошо, например, известно, что растения усваивают вносимые минеральные удобрения всего лишь на 10–15%. Этими процентами и накачивают растения. А остальные 89 –90%, не усвоенные растениями, становятся сильнейшим и опаснейшим загрязнением биосферы. Большие количества азота, подвергаясь денитрификации, улетучиваются в воздух, а остальное количество проникает в почвенную толщу до глубины 3–4 метра, попадая в грунтовые воды. Зная механизмы биогеохимического круговорота веществ, можно попытаться вернуть застрявшие в глубине почвы и подпочвы питательные элементы. Это можно сделать, увеличивая посевы многолетних культур с глубокой корневой системой. Вероятно, целесообразно эти угодья занять садами или древесными культурами, которые успеют перехватить уплывающие от нас химические элементы. Только внимательно изучив круговороты химических веществ, используемых в качестве минеральных удобрений, можно добиться более рационального их использования, снижая затраты (а они огромны) на их производство и уменьшая опасность загрязнения и отравления ими окружающей среды. Природа не знала удобрений и благополучно прожила без них. Это люди с про-

шлого века стали подсыпать в почву минеральные соли. А потом в чьи-то уста злой бес вложил слово «удобрение». И пошло, поехало... Ядохимикаты стали «добренькими» спутниками человека. Слово «удобрение» разрушило психологический барьер опасности. И поныне атака на «великий, могучий и свободный русский язык» и строгость определения понятий стала главной мишенью психологической войны антинаучности с наукой.

Нацеленная на задачу максимального повышения урожайности культур, современная агрохимия оставила без внимания, что живое характеризуется взаимосвязью двух противоположных процессов – поглощения и выделения вещества. Борьба за пищу, за источники питания – лишь один из моментов жизни организмов. Другой, не менее важной стороной жизнедеятельности организмов является выделительная функция. Значение этой второй стороны определяется биосферным законом, который может быть сформулирован следующим образом: ни один организм не может существовать в среде своих выделений (метаболитов) и трупов предков. Организм может в избытке иметь пищу, но он может быть убит своими собственными метаболитами и «трупным ядом» предков. Именно такое положение складывается при монокультурном способе ведения сельского хозяйства. В этом случае отсутствует тот механизм нейтрализации и очищения среды от метаболитов, который работает в естественном сообществе, в природном биогеоценозе. В биоценозе метаболиты и другие продукты жизнедеятельности одного вида организмов утилизуются организмами другого вида. Санитарная функция в огромной степени определяет направление и скорость эволюции как организмов, так и биоценозов. Монокультура, лишенная санитарной функции, отвергается природой. Она – создание человека, и поэтому забота об обеспечении санитарной функции целиком ложится на его плечи. Санитарную функцию нужно вернуть самой природе. Она выполнит ее наиболее оптимальным образом и к тому же будет способствовать более экономичному сельскохозяйствованию.

Крупной биосферной проблемой стало применение азотных удобрений. Вся эволюция растительного мира шла по пути преимущественного использования азота биоорганических, а не минеральных соединений. И сейчас, как показали исследования, здоровые растения предпочитают биоорганический азот, связанный с клубеньковыми бактериями, и азот навоза. Действие азотных удобрений неспецифично – азот влияет как на рост растительных, так и животных и микробных клеток. Накачивая растения азотом, мы увеличиваем их, как говорится, товарную массу: растения «идут в ботву». Азот отлагается чаще всего в межклетниках, а это уже совсем вредная для человека и животных биопродукция. Картофель и капуста, начиненные нитратами, оказываются прекрасной питательной средой для микроорганизмов и грибов, которые обильно разрастаются при хранении, а точнее, при гниении на

наших овощных базах. Потери при хранении такого урожая превышают весь его прирост за счет применения удобрений.

Долгие раздумья над «азотной» проблемой привели меня, А. Н. Тюрюканова, к мысли о том, что широкое применение азотных удобрений послужило причиной вспышки акселерации у детей. Для такого предположения имеются веские основания: акселерация совпала с началом агрохимического бума и наиболее отчетливо проявилась в странах с высоким уровнем применения азотных удобрений. Генетические и фенетические последствия нитратной акселерации не выяснены, да и не изучаются, хотя с большой степенью вероятности можно предполагать, что нитратное отравление нарушает нормальный ход развития организма. Не исключено, что детская дебильность связана с воздействием нитратов на организм. И вот решил я поделиться своими выводами с научной общественностью.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

А дело было так...

23 декабря 1976 года в зале Политехнического музея в Москве состоялось заседание Московского отделения Менделеевского общества. Темой этого собрания было: «Проблемы химизации сельского хозяйства и состояние окружающей среды». Безработный и заброшенный, я получил неожиданное приглашение от замечательного ученого-химика Ивана Владимировича Тананаева сделать доклад на эту тему. Время было сложное, по стране катились волны великой химизации и мелиорации России. И надо же было такому случиться, что накануне в гости к одинокому заброшенному Тюрюканычу забрел прямо с самолета его друг, тоже ученик Тимофеева-Ресовского, ныне известный профессор, создатель российского хлопка, Альберт Григорьевич Касьяненко. Прилетел он из Шотландии, из г. Абердина, где проходил какой-то международный симпозиум по пестицидам. За разговором и рюмкой я рассказал ему о предстоящем докладе и спросил: «Что там новенького на международной арене?» И Альберт Григорьевич спокойно рассказал об абердинском симпозиуме. «Послушай, Альберт, завтра у меня очень ответственный доклад, а я, как ты знаешь, безработный и отсталый от науки». И Альберт Григорьевич тут же, как верный друг, достал и дал таблицы с данными, где были перечислены многие пестициды и их «эффективность». Около 80% из перечисленных пестицидов оказались мутагенами. Из этих суперсовременных по тем временам данных у меня быстро созрела идея, как подать членам Менделеевского общество существо проблемы. Я сформулировал так: «родила царица в ночь не то сына, не то дочь, не мышонка, не лягушку, а неведому зверюшку». За ночь была наработана общая структура доклада. Постепенно вырисовывалась его тройная композиция:

1. Альпинистская связка Вернадский – Самойлов

2. Пестициды как мутагены

3. Азотные удобрения как фактор акселерации.

Все было снабжено словесными иллюстрациями вроде того, что призывники в японскую армию за последние 15 лет выросли на 24 см; маленькие банзайчики с маньчжурских сопок превратились за последнее время в волейбольно-баскетбольных чемпионов планеты. Плоды азотной акселерации.

Доклад созрел структурно и по существу. Зимнее предрождественское утро было хмурым. Еще никого не было в Политехническом музее, и только двое случайных людей встретились – я и белохалатная толстушка-буфетчица. Хотя совещание начиналось рано, но пиво в буфете продавали. За окном было темно. Буфетчица опознала во мне страждущего человека и, быстро поняв меня, неприкаянного мужчину, продала две бутылки пива...

Усевшись в темноте зала, я, чей доклад был вторым после зам. министра сельского хозяйства Постникова А. В., почал одну бутылку пива. Я знал по опыту, что министры говорят долго. Но случилось неожиданное. Вдруг ко мне подошла тихая, интеллигентная, на «просвет» милая пожилая дама и спросила, я ли Анатолий Никифорович. Я резко отозвался: «Да!» Она сказала, что у всех докладчиков написано, кто от какого учреждения выступает, а у меня нет. Не ожидавши такого поворота событий, то ли от ночных психических раздумий, то ли от раннего утреннего пива я браво, но с мгновенным покаянием ответил: «Сегодня я буду говорить от себя». (Я ведь был безработным в тот момент, а сознаться не решился). Она была предельно вежлива, сказала: «Хорошо...» – и ушла. А я принялся за вторую бутылку. Постепенно зажигался свет в зале. Зал наполнялся слушателями. Ярко осветились места президиума, и все ждали выхода заместителя министра. И вдруг... председательствующий объявляет, что Постникова вызвали в ЦК партии и слово предоставляется А. Н. Тюрюканову. Я в это время уже пил из второй бутылки, наспех ее поставил на пол и, включивши третью скорость русской психики, кодированную трехбуквенным кодом, взошел на трибуну. Сначала я говорил, что у истоков проблемы химизации сельского хозяйства и охраны окружающей среды стоял В. И. Вернадский и его замечательный ученик Яков Владимирович Самойлов. Речь пошла быстро, страстно, но плавно. Не удержавшись, я начал с итогов Абердинского симпозиума. Как свежий кавалер и с цифрами в руках я рассказывал: «Родила царица в ночь...» Я так увлекся этим рассказом, что перестал видеть зал, потому что в первом ряду сидел и от восторга качал мне в такт головой умнейший после Прянишникова агрохимик Александр Васильевич Петербургский. Я не заметил, как оказался в плену его режиссуры. Все не буду пересказывать, но когда я кончил доклад, сел с ним рядом и сделал вид, что слушаю второй доклад, он нежно погладил меня, как девушку, по коленке и сказал: «Прекрасно!» А второй доклад делал наш общий друг,

коллега Н. П. Бочков, директор Института медицинской генетики. Психически я прижался к Александру Васильевичу. Мне важно было выдержать несколько минут его обаяния. Но когда Бочков сказал, что после доклада Анатолия Никифоровича он может говорить только о фактических цифрах и о том, что они в институте проверили 12 лекарств на мутагенность, что он полностью солидарен с выводами Тюрюканова. Партийно щепетильный Н. П. Бочков дал мне возможность убежать через буфет в свою одинокую комнату в Сокольниках. Ничего не соображая и обложившись портвейном, я стал ждать реакцию. А ее все не было и не было. На третьи сутки я не выдержал и позвонил своей подруге, известному почвоведу Кире Владимировне Виригиной. Я ей рассказал, как я выступал, и просил ее узнать о впечатлении от моего доклада. Она, слегка картавя, сказала: «Дорогой Толя, ваш доклад всем понравился, но все думали, одного вас заберут или вместе со слушателями...»

...Так была объявлена эпоха борьбы с азотной и пестицидной агрессией против человечества. Это была битва против акселерации и мутагенеза в человеческой популяции, и она еще не кончилась.

Современная агроиндустрия настолько отдалилась от естественных биосферно-биогеоценотических предпосылок сельскохозяйствования, что докучаевская наука о почве стала незаметно подменяться «экологией почв». Напомним, экология – наука о взаимоотношениях организмов и популяций с окружающей средой, согласно же В. В. Докучаеву почва представляет собой особое биокосное тело, формирующееся в процессе исторически длительного взаимодействия живого вещества с неживым.

Почва – особое целостное единство живого с неживым, а понятие «экология почв» раскладывает это единство, противопоставляя живое неживому. По существу, понятие «экология почв» верно отражает практику индустриальных технологий в сельском хозяйстве, когда одна-единственная культура, выращиваемая на поле, подвергается массированному воздействию косных, неживых химических, физических и механических сил, направляемых человеком.

Стыдно признавать, что вновь возрождаются те самые чисто геологические, физико-химические представления о почве, которые критиковались В. В. Докучаевым. Это «возрождение» начинается со школьной скамьи. В учебнике «Общая биология» для учащихся 9 – 10 классов средней школы в разделе «Основы учения о биосфере» можно прочитать (1987 год издания, страница 114) следующее «определение» почв: «Почва – рыхлый, поверхностный слой земной коры, измененный атмосферой и организмами и постоянно пополняемый органическими остатками». Это пример отождествления почвы с грунтом – понятием чисто геологиче-

ским. Здесь нет ни слова о том, что почва представляет собой особое тело природы, живущее по своим собственным законам. «Рыхлым поверхностным слоем земной коры» может быть и горная порода, разрыхленная ветровой и водной эрозией, и куча шлака или мусора, и подпочвенный слой земли, вывернутый бульдозером на поверхность, и глубоко эродированная, затоптанная машинами и отравленная химикатами бывшая почва. Все эти «природные образования», возникающие в том числе и при участии человека, изменяются «атмосферой и организмами и постоянно пополняются органическими остатками». Подобные «определения» вполне оправдывают механическое и химическое насилие над почвой.

Как мы уже говорили, докучаевское почвоведение имеет общенаучный смысл, между тем оно стало трактоваться в русле агрономической науки. Но при этом и само понятие агрономии стало целенаправленно искажаться. Буквально термин «агрономия» включает в себя два значения: agros (греч.) – поле и nomos (греч.) – закон. Агрономия, следовательно, есть наука о законах жизни поля. Но такое понимание агрономии никак не вписывается в индустриальное сельское хозяйство, которое действует не по законам поля, а по законам производства сельскохозяйственных машин и химикатов. На самом деле разрабатывается не агрономия, а наука об агронасилии, дополняемая «экологией почв». Подчеркнем, что сам В. В. Докучаев назвал созданную им науку почвоведением – «ведением», т. е. знанием почвы.

С развитием агроиндустрии возникло мнение, будто докучаевская концепция почвообразования оказалась «неработающей» в условиях нынешних «окультуренных» пахотных почв. Это глубокое заблуждение, считал Н. В. Тимофеев-Ресовский. Во всех своих работах В. В. Докучаев связывал природные процессы почвообразования с сельскохозяйственной деятельностью человека. При этом следует подчеркнуть, что пахотный горизонт и пахотная почва – разные понятия и что пахотная почва свое плодородие унаследовала в основном от естественных почв. Проблема пахотного горизонта – лишь часть проблемы окультуренных почв, которые, как и целинные почвы, состоят из нескольких горизонтов, сформировавшихся в процессе эволюции того или иного типа почв. Поэтому качественная оценка земель, их бонитировка должна базироваться на докучаевской концепции о генезисе почв с учетом земледельческой истории и экономических показателей плодородия почв. Недостаточно интересоваться лишь пахотным горизонтом (как это делает агрохимик и агротехник). Нужно знать свойства (химизм, водный режим, наличие местных водоупоров и т. д.) на всю глубину профиля пахотных почв. Знание историко-экономической характеристики почв совершенно необходимо для прогноза севооборотов и создания культурных высокопродуктивных сельскохозяйственных биогеоценозов.

История систем земледелия – это история непрерывной борьбы земледельцев за поддержание и восстановление плодородия почв естественным путем в условиях непрерывно возрастающей антропогенной нагрузки на них. Подсечно-огневая, залежная, переложная, паровая, трехпольная, севооборот – вот основные вехи исторического развития систем земледелия. В нашей стране в силу ряда социально-экономических и природных причин (малая плотность населения, позднее появление городов, большие лесные массивы и т. д.) в разных местностях еще в прошлом веке существовали и подсечно-огневая, и залежная, и трехпольная системы и только намечался переход к севообороту.

Севооборот, несомненно, – наиболее эффективная и культурная форма интенсивного сельскохозяйствования. Многие ученые и общественные деятели ратовали за быстрейший переход сельского хозяйства на эту основу. Не отрицая достоинств севооборота, В. В. Докучаев особое внимание обращал на преимущество залежной системы земледелия, которое всего эффективнее использует естественные механизмы восстановления биопродуктивности почв. Главным условием высокой продуктивности почв, считал В. В. Докучаев, является нормальная зернистая их структура. Сохранить это свойство можно, по его мнению, сочетая севооборот с залежным земледелием. Сейчас отпуск «в залежь» практикуется как вынужденная и крайняя мера лечения глубоко эродированных и истощенных почв. Между тем этот агроприем должен войти в практику как совершенно необходимое и общее правило.

Отчасти принцип залежного земледелия реализуется в рекомендациях использовать севообороты с 2–3-летним пребыванием на поле злаково-бобовых трав. Как показали исследования, в этом случае не только восстанавливается нормальная структура почвы, но в ней также остается такое количество корневых остатков, которое равноценно внесению на гектар примерно 75 т навоза. К тому же выяснилось, что применение севооборотов с чистыми парами, особенно при интенсивных технологиях, не приостанавливает снижения плодородия почв. Наоборот, с ростом урожаев при возделывании только однолетних культур гумус исчезает из почвы с возрастающим темпом.

В наши дни эмоционально-наблюдательное отношение к охране природы сменяется активно планируемой и управляемой деятельностью людей, заботящихся о высокой биопродуктивности ландшафтов с биосферно-биогеоценотических позиций. Одним из важнейших направлений повышения биопродуктивности ландшафтов должно стать создание специальной природоохранной системы землепользования, предполагающей кратковременное или долговременное введение на части территории заповедно-переложного режима. Как показывает вековой опыт и расчеты, заповедная земля должна охватывать не менее 6–7% территории.

Другим важнейшим направлением биосферно-биогеоценотического землепользования является восстановление ландшафтно-исторического принципа землепользования. «Почва – зеркало ландшафта», – говорил В. В. Докучаев, подчеркивая при этом, что хозяйство нужно вести с учетом оптимального соотношения основных элементов ландшафта – леса, луга, водоемов и пашни, т. е. так, как это соотношение исторически сложилось. Сейчас убедительно доказано, что для нормального, экологически сбалансированного ведения земледелия доля пашни в структуре земледелия должна составлять 30–37, максимум 40%. Пройдя период экстенсивного развития земледелия, для которого характерна максимальная распашка даже малопригодных для земледелия земель, мы теперь столкнулись с противоположной тенденцией – необходимостью максимального сокращения площади пашни. А теперь совершим краткий экскурс в историю.

Наши предки, расселяясь по Центральной России, вырубали первичные леса, освобождая место под деревни, города и пашню. Вместе с лесом, вывезенным под видом деловой и дровяной древесины, были вывезены и огромные массы зольных элементов, которые уже не возвращались в почву, как это происходит в природе. Вырубка леса, таким образом, прервала природный процесс почвообразования, оставила пашни с бедными белесыми подзолами, что конечно же не могло не иметь и огромного биосферного значения. Взгляд на подзолообразование как на биосферно-антропогенный процесс позволяет по-новому осмыслить причины низкого плодородия почв Нечерноземной зоны. На этих оставленных нам предками в наследство малоплодородных, а местами бесплодных просторах сейчас разворачивается грандиозная программа уже не лесного, а сельскохозяйственного освоения. Не лучше ли было бы вернуть землям Нечерноземья их исходную лесистость? Ведь, например, один гектар елового леса ежегодно дает больше углеводов, чем такая же площадь, занятая пшеницей или картофелем. Мы получили бы существенный выигрыш в массе биопродукции и заодно восстановили бы естественный процесс почвообразования, характерный для этой природной зоны. Надо только умело обойтись с полученной прибавкой биопродукции. Современный научно-технический потенциал вполне способен помочь благополучно решить эту задачу.

Сейчас обезлюдевшее, заброшенное Нечерноземье зарастает лесом. Но если прежде вырубались спелые леса хорошего качества, то теперь вырубки зарастают малоценными породами – осиной, ольхой и кустарником. Таких заросших площадей в Нечерноземье насчитывается более 7 млн. га. К тому же 5 млн. га занимают пустыри, прогалины, гари или уже погибшие насаждения. Поэтому культура лесоразведения становится в Нечерноземье задачей первостепенной важности.

Благоустраивая пашню, необходимо учитывать мозаичность ландшафтов, вводя островки лесных массивов среди пашни. Эти островки леса служат прибежищем насекомых, опыляющих растения, и птиц, помогающих бороться с вредителями сельского хозяйства. Литовские исследователи выяснили, что гектар леса среди пашни, повышая урожай окружающих полей, дает в два-три раза больше дохода.

Столь же большого внимания заслуживает и другой элемент ландшафта – луга. Затопив огромную площадь прекрасных луговых угодий, мы лишили животноводство обильной кормовой базы и перевели скот на фуражное зерно, для чего расширили распашку земель, в том числе и лугов. Пашня потеснила луга. Не так давно пастбищные травы составляли 25% рационов питания скота, а теперь всего лишь 17%. Снижение доли пастбищной травы в рационах питания существенно усилило дефицит белка, микроэлементов и целебных веществ. Нужно возродить долголетние сенокосы и пастбища, заботясь об их окультуривании. Лишь однажды сделав в них капиталовложения, можно получать от них хорошую отдачу двадцать – тридцать лет. Это одновременно позволит сократить затраты на кормопроизводство, значительно уменьшить посевы фуражных культур и снизить трудоемкость животноводства.

Выращивание многолетних трав и рациональное использование угодий дает возможность получать животноводческой продукции (в пересчете на кормовые единицы) не меньше, чем при возделывании на пашне кормовых культур. Периодический отдых пастбищ от выпаса скота приостанавливает эрозию и истощение почв и восстанавливает флористический состав пастбищ. Показано, что, используя местную флору, можно создавать искусственные пастбища в 5–6 раз продуктивнее естественных. При этом травосмеси, скомплектованные из местной флоры, оказываются одним из наиболее эффективных средств борьбы с эрозией почв.

С биосферно-биогеоценотической позиции поймы рек целесообразно использовать в основном как луговые угодья. Скашивая травостой на сено, мы с пойменных лугов отчуждаем сравнительно небольшую часть растительной продукции, а основная ее часть остается в почве, обеспечивая жизнедеятельность почвенной фауны и микрофлоры, поддерживая процесс образования и накопления почвенного гумуса. При выращивании же на поймах овощных и полевых кормовых культур мы увозим с полей большую часть биопродукции, уменьшая тем самым содержание гумуса, разрушая структуру почв, обедняя состав почвенной микрофлоры, а при бессменном выращивании овощей на одних и тех же полях способствуем накоплению в почве токсичных веществ и патогенных организмов.

Таким образом, необходимо всячески пропагандировать и внедрять ландшафтно-исторический принцип землепользования. То-

лько таким способом мы сможем обеспечить поддержание и восстановление биопродуктивности почв, отвечающее главному требованию: не нарушать исторически сложившееся динамическое равновесие биосферно-биогеоценотических процессов.

Этому принципу полностью соответствует почвозащитная безотвальная система земледелия, которая была разработана и внедрена в нашей стране благодаря огромным усилиям Т. С. Мальцева и Ф. Т. Моргуна – великих и светлых деятелей послевоенной эпохи в агрономии. В свое время пахота с оборотом пласта была историческим событием – она позволила освоить огромные целинные пространства. С биогеоценотической точки зрения такая вспашка имеет тот смысл, что с ее помощью метаболиты растений переводятся в глубокие слои почвы. Однако со временем, когда почва приобретает окультуренный характер, начинается разрушение структуры почв. При многолетнем, без перерыва, посеве и выращивании одной и той же культуры на одном месте весь слой почвы, в том числе и ее глубокие слои, насыщается метаболитами, и тем самым исчезает благотворный эффект смещения метаболитов в глубокие слои при обороте пласта. Зато существенно обедняется микрофлора и фауна, разрушается структура почвы и, как следствие, происходит их деградация.

Можно лишь приветствовать начавшийся поиск новых форм земледелия, приближающий его к естественным, т. е. биосферно-биогеоценотическим, механизмам воспроизводства биопродукции. Большая работа предстоит по созданию культурных фитоценозов в сельскохозяйственных биогеоценозах (окультуривание новых видов дикорастущих растений, селекция и подбор продуцентов, консументов и редуцентов, составляющих единую трофическую цепь, создание сортов растений с высоким показателем фотосинтетической активности и многое другое). Немалая работа ожидает нас и по регуляции геохимических функций растений и почв (накопление почвенного гумуса, поддержание коллоидального состояния вещества в почвах, регуляция содержания микроэлементов и питательных элементов в почвах, активизация ферментативных комплексов почвы и многое другое).

Конечно, не сегодня и не завтра великая, исторически инерционная система сельского хозяйства и землепользования выйдет на новые пути, но на пороге третьего тысячелетия неизбежна смена стратегии. Эта стратегия должна быть рассмотрена и оценена с точки зрения, во-первых, приближения сельского хозяйства и землепользования вообще к природным биосферно-биогеоценотическим процессам и, во-вторых, создания агросистем с оптимальной структурно-временной организованностью, с многокомпонентными сообществами организмов (включая не только культивируемые растения, но также почвенную флору и фауну) и минимизированной в агротехническом аспекте, но максимизированной в биологическом отношении.

Только на таких условиях возможен научно обоснованный, оптимистический взгляд на судьбу почвенного покрова – самого ценного природного достояния человека.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Светлой памяти Владимира Николаевича Сукачева

Биогеоценология и почвоведение[1]

I. Введение

§ 1. В последние годы одна из важнейших дисциплин естествознания – почвоведение – переживает определенный кризис. Объясняется это тем, что в значительной мере эта наука утратила связь с общими естественноисторическими представлениями, характерными для русского почвоведения конца XIX – начала XX века. По нашему мнению, в современном кризисе этой науки существенную роль играет утрированный и обычно неправильно понимаемый утилитаризм, мелкая «практическая повседневность», неизбежно ведущая к потере больших проблем. В то же время сейчас во всем мире в центре внимания стоит большая, имеющая капитальное практическое значение для человечества, проблема производительности и продуктивности биосферы Земли в целом. Для нахождения правильных путей решения этой проблемы особое значение приобретает почти вековая традиция русского естествознания, впервые выраженная В. В. Докучаевым в «Учении о зонах природы» в конце XIX века, развитое во второй четверти нашего века в общее учение о биосфере (Вернадский, 1926, 1940, 1944, 1965), а в настоящее время представленное разработанной В. Н. Сукачевым биогеоценологией (Сукачев, 1948, 1949, 1954, 1955, 1960, 1961, 1964). Биогеоценология завершает основной период создания теоретических предпосылок для разумной охраны, использования и резкого повышения биологической производительности Земли и нормального протекания разнообразных природных процессов в биосфере, являющейся не только средой жизни человека, но и необходимой оболочкой Земли как «живой планеты». С позиции этой замечательной серии русских естественноисторических работ мы считаем необходимым кратко

---

[1] Статья написана в соавторстве с А. Н. Тюрюкановым. Печ. по: Бюл. Моск. общества испыт. природы. Отд. биологии. Т. LXXII (2). 1967. С. 106–117. При перепечатке не приводится список литературы в конце статьи.

рассмотреть ряд важнейших проблем почвоведения и попытаться установить его неизбежные связи с биогеоценологией, а через нее с общим учением о биосфере Земли.

§ 2. Возникновение генетического почвоведения, с одной стороны, завершило длительный период накопления фактов в различных областях описательного естествознания, а с другой – подвело итог многовековому опыту земледелия, которое развивалось стихийно, не отличалось стабильностью и было лишено серьезной научной основы. Агрикультурхимия в XIX веке лишь частично способствовала подъему сельского хозяйства и потому не стала его теоретической базой. Многообразие и разнокачественность факторов, определяющих свойства почв, в особенности их плодородие, ставило в тупик многих ученых, которые рассматривали почвы и почвообразование с геологической точки зрения. В конце XIX века в связи с сильными засухами, особенно в 1891 году, научные круги были вынуждены осмыслить обширную область природных и практических фактов и приступить к их обобщению не с не оправдавшей себя утилитарной, а с естественнонаучной точки зрения, которая к тому времени благодаря работам Ломоносова, Ляйеля, Гумбольдта, Семенова-Тян-Шанского и Дарвина легла в основу познания природных явлений на поверхности Земли. Ведущие научные центры России – Вольное экономическое общество и Петербургский университет – создали экспедицию для анализа причин засух и различного плодородия почв, которую возглавил Докучаев. Его монографии «Русский чернозем» и «Наши степи прежде и теперь», а также труды возглавлявшихся им Нижегородской, Полтавской и Лесного департамента экспедиций (Докучаев, 1883 и 1893) – образец комплексного естественноисторического подхода и объективного анализа причин современного состояния конкретных территорий и почв, а также рациональной разработки мер по подъему уровня сельского хозяйства. Эти работы легли в основу генетического почвоведения. По своей сути почвоведение в понимании Докучаева – наука синтетическая, изучающая сложное самобытное природное образование – почву или педосферу. Почва или педосфера возникла на стыке трех «косных» оболочек планеты – литосферы, гидросферы и атмосферы под воздействием живых организмов, активно преобразующих вещество «косных» оболочек. В этом смысле почва как природный объект рассматривалась Докучаевым как фокус, в котором сконцентрированы результаты множества процессов, происходящих на поверхности Земли, а почвоведение – как центральная дисциплина естествознания. Будучи выдающимся естествоиспытателем, Докучаев понимал, что на поверхности Земли осуществляются процессы синтеза сложных природных биокосных объектов – почв, илов, торфа и т. д., но как геолог (по профессии) он считал, что сфера действия этих процессов ограничивается только верхним горизонтом земной коры. Обоснование Докучаевым учения о факторах почвооб-

разования (климат, материнская горная порода, рельеф местности, растительный и животный мир, возраст территории) и почве как функции взаимодействия этих факторов предопределило создание специального научного метода генетического почвоведения – метода комплексного анализа почвообразования, что означает необходимость исследования происхождения, состава и свойств почв обязательно на фоне исторического развития той местности, где распространены эти почвы.

В 1898 году Докучаев опубликовал работу «К учению о зонах природы», в которой, как бы подводя итог естествознанию XIX века и многолетним своим наблюдениям, показал, что сложные взаимоотношения между климатом, горными породами, растениями, животными и человеком в условиях конкретного пространства (рельеф) и времени (возраст страны) приводят к возникновению строго определенных природных зон на поверхности Земли. Открытие природных зон вызвало новый подъем в естествознании. С этого времени стали пристальнее изучать в природе не отдельные предметы и явления, а их взаимодействие и развитие в конкретных условиях. Этому в немалой степени способствовала обширная научная школа, созданная Докучаевым в России. Общепризнанно, что создание им генетического почвоведения и учения о зонах природы явилось выдающимся событием в естествознании конца XIX века.

§ 3. Развивая идеи Докучаева, его ученик В. И. Вернадский создал общее учение о биосфере, в котором показал, что специфическая черта Земли как планеты – существование на ней биосферы. Совокупность живых организмов (живое вещество, по Вернадскому) в большой мере определяет основные черты геохимии и энергетики Земли. Почву, как природное образование с высокой интенсивностью биогенных процессов, Вернадский относил к объектам «сгущения жизни». Подобно Докучаеву, он отчетливо понимал значение почвы как фокуса сложнейших природных процессов, но он пошел дальше своего учителя, оценив роль биогенных процессов не только как неповторимое, чисто земное явление, а как явление космическое и общее для других, еще не изученных планетных систем. Если Докучаев оценил сложность и взаимообусловленность природных процессов, происходящих только в верхнем слое земной коры и только с качественной стороны, то Вернадскому принадлежит заслуга в применении количественной оценки различных процессов, вызываемых живым веществом во всех поверхностных физических оболочках Земли (атмосфера, гидросфера, литосфера). На базе приближенной количественной оценки различных природных процессов Вернадский пришел к выводу о ведущей роли биогенных процессов в формировании горных пород, почв, природных вод и атмосферы и на основании общности поверхностных физических оболочек Земли, как сфер, населенных или населявшихся в прошлом организмами, стал рас-

сматривать их как биосферу. Учение о биосфере Вернадского – это логическое развитие идей Докучаева и выдающееся достижение научной мысли первой половины XX века.

§ 4. За последнюю четверть века в биологии, в основном исходя из общего учения о сообществах живых организмов, сформировалась новая естественноисторическая дисциплина – биогеоценология. По признанию создателя этой науки – Сукачева, биогеоценология по своей сущности отвечает основным идеям и методам, которые вкладывал Докучаев в понятие генетического почвоведения, а Вернадский – общего учения о биосфере. Вернадский и Сукачев, формулируя основы общего учения о биосфере и биогеоценологии, исходили из основного постулата Докучаева о необходимости создания особой естественноисторической дисциплины, изучающей «ту генетическую, вековечную и всегда закономерную связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой, между растительным, животным и минеральным царствами, с одной стороны, человеком, с другой... именно эти соотношения, эти закономерные взаимодействия и составляют лучшую и высшую прелесть естествознания».

Биогеоценология изучает основные механизмы и закономерности круговорота вещества и энергии в биогеоценозах. Биогеоценозы представляют собой участки земной поверхности, населенные определенными сообществами микроорганизмов, растений и животных, развивающихся и функционирующих в условиях однородной почвенной, микроклиматической, гидрологической и геохимической обстановки. Биогеоценоз как комплексная целостная структурная единица биосферы включает в себя сообщества живых организмов, приземные слои тропосферы, почву, подпочву и почвенно-грунтовые воды.

Общие теоретические соображения, экспериментальные исследования и математическое моделирование процессов, происходящих в биогеоценозах, убеждают в том, что биогеоценоз (а не биоценоз и почва, рассматриваемые порознь) есть объективно существующая, логически объяснимая и далее неделимая комплексная, целостная элементарная структурная единица биосферы, находящаяся в длительном стационарном состоянии, условно определяемом как динамическое равновесие. Биогеоценозы – это элементарные ячейки биогеохимической деятельности в биосфере (Сукачев, 1948, 1949, 1955, 1960 и др.; Александрова, 1961, 1962; Тимофеев-Ресовский и Тюрюканов, 1966). В этом плане почва – это составная часть биогеоценоза, а генетическое почвоведение – составная часть биогеоценологии и общего учения о биосфере. При этом важно подчеркнуть, что биогеоценология, зародившись в недрах биологии, является не биологической, а самостоятельной естественноисторической дисциплиной в том смысле (и в еще большей степени), ко-

торый Докучаев вкладывал в понятие генетического почвоведения. Создание Сукачевым биогеоценологии – выдающееся достижение естествознания нашего времени.

II. Биогеоценология и почвоведение

§ 5. Биогеоценологию и почвоведение объединяет как общность объектов и методов исследования, так и история этих наук, восходящая ко времени работ докучаевской экспедиции, когда в южнорусских степях были заложены опытные участки для комплексного анализа условий произрастания леса в степях. Тогда же Г. Ф. Морозовым и Г. Н. Высоцким были выполнены методические исследования и наблюдения, носившие в значительной мере биогеоценологический характер. Развернувшиеся с тех пор стационарные исследования почвенных и биологических процессов на конкретных территориях в сильной степени способствовали познанию почвообразования, а стационарный метод исследования наряду со сравнительно-географическим стал основным методом почвенных исследований. Начиная с 40-х годов почвоведы уделяли большое внимание исследованию биологического круговорота веществ в системе «почва – растения» (Ремезов, 1956; Ремезов и др., 1959, 1963; Зонн, 1954; Молчанов, 1963, 1965; Родина и Базилевич, 1965 и др.). Таким образом, к моменту, когда Сукачев сформулировал биогеоценологическую концепцию, почвоведы выполнили большой объем работ по анализу круговорота вещества и энергии как в биогеоценозе в целом, так и в отдельных его звеньях. Это явилось хорошей основой для разработки главной научно-практической задачи биогеоценологии и почвоведения – проблемы производительности и продуктивности биосферы Земли и, в частности, конкретных биогеоценозов, проблемы, которая приобрела необычайную остроту в наше время в связи с ростом населения и необходимостью поднятия жизненного уровня всех народов нашей планеты, Эта проблема заставила ученых многих стран и международные организации (ЮНЕСКО, ФАО и др.) приступить *к* разработке и проведению международной биологической программы (по замыслу аналогичной международному геофизическому году), основная задача которой как в теоретическом, так и прикладном отношении целиком совпадает с задачами и методами биогеоценологии. Международная биологическая программа (МБП) – не только важная интернациональная акция ученых, исследующих проблему биопродуктивности Земли, но и проверка действенности теоретических достижений биогеоценологии, учения о биосфере и генетического почвоведения. Обсуждение МБП, проведенное в начале 1966 года в Ленинграде, показало, что в нашей стране есть все предпосылки для успешного выполнения исследований по МБП в пределах Советского Союза.

§ 6. Биогеоценология имеет определенный объект исследования (биогеоценозы) и свой метод исследования, который в отличие от многообразных аналитических методов, используемых для познания частных процессов и механизмов в отдельных звеньях биогеоценоза, является методом синтетическим. В основе биогеоценологического метода лежит познание количественных закономерностей общего круговорота вещества и энергии в биогеоценозе, складывающегося из множества комбинаций частных процессов поступления, превращения и выходов вещества и энергии в отдельных звеньях биогеоценозов. Широко применяемые в биогеоценологии различные аналитические методы исследования необходимы для получения и н ф о р м а ц и и о различных частных процессах, происходящих в биогеоценозах, о б р а б о т к а которой как в феноменологическом (метод эмпирического обобщения, по Вернадскому), так и в математическом плане лежит в основе биогеоценологического метода – метода познания комплекса взаимосвязанных процессов и явлений, определяющих формирование конкретных биогеоценозов и их биогеохимическую деятельность. В этом смысле биогеоценология является в равной степени наукой естественноисторической и математической (Ляпунов, 1958; Шмальгаузен, 1960, 1961; Александрова, 1961; Полетаев, 1966; Эман, 1966). Сравнительно-географический и стационарный методы исследования почв и биогеоценозов существенно дополняются экспериментальными исследованиями. Последние помогают более ясно представить механизмы и направления основных процессов, определяющих биогеохимическую работу биогеоценозов и почвообразование. Экспериментальная биогеоценология – уже сложившийся комплекс исследований, из которых одно направление – радиационная биогеоценология – позволяет, применяя метод «меченых» атомов и ионизирующие излучения, быстро и строго количественно проследить за работой различных звеньев, слагающих биогеохимический круговорот веществ в биогеоценозе. Радиоизотопы, включаясь в биогеоценоз, метят пути миграции и места аккумуляции химических элементов (в том числе микроэлементов) в биогеоценозе и позволяют точно и быстро оценивать скорость кругооборота веществ в разных модельных системах и природных биогеоценозах. Основные задачи и методы радиационной биогеоценологии были неоднократно изложены в печати (Тимофеев-Ресовский, 1957, 1964).

Как уже говорилось, биогеоценология – это наука в равной мере естественноисторическая и математическая. Внедрение методов и идей кибернетики в биогеоценологию отвечает самой сути этой науки, и, несмотря на ее молодость, в ее активе имеется ряд интересных работ математиков и биологов. По мнению специалистов, особенно перспективным математическим аспектом биогеоценологии является применение метода математического моделирования, позволяющего с помощью логико-математического ап-

парата и электронно-вычислительной техники быстро и точно оценить количественные взаимосвязи отдельных звеньев и состояние биогеоценотической системы в целом и в особенности ее устойчивость во времени (поиски «равновесных» состояний). Таким образом, экспериментальный метод в биогеоценологии должен разрабатываться как на природных, так и на математических моделях.

§ 7. К сожалению, в настоящее время, когда проблема биопродуктивности Земли стала весьма актуальной, общий запас знаний о биологических ресурсах Земли, их географии, биомассе, направлении и темпах изменения растительного и животного мира как в естественной обстановке, так и под влиянием деятельности человека оказался недостаточным. Отсюда возникает сложная задача – одновременно и в краткие сроки провести учет ресурсов биосферы, выяснить размеры биопродуктивности и найти рациональные приемы ее повышения. Опираясь на достижения естествознания, необходимо найти условия для минимального, оптимального и максимального использования биопродуктивности планеты без нарушения общего баланса вещества в биосфере или на отдельных ее участках. А это предполагает прежде всего проведение инвентаризации ресурсов биосферы, ибо без нее нельзя серьезно говорить о рациональном ведении хозяйства. Понятие «инвентаризация ресурсов биосферы» следует трактовать в широком смысле, т. е. не только как учет числа видов организмов, площадей разных почв, биомассы растительности и животных, а также других количественных показателей, но и учет направлений и темпов исторического развития конкретных местностей и природных комплексов (ландшафтов и биогеоценозов), особенно в связи с хозяйственной деятельностью человека. Эффективность различных сельскохозяйственных, санитарно-гигиенических, гидротехнических, индустриальных и иных мероприятий существенно зависит от знания и рационального использования природных, в особенности биологических ресурсов ландшафтов и биогеоценозов. Таким образом, инвентаризация ресурсов биосферы – первая задача, подлежащая срочному изучению, от решения которой зависит в значительной мере успех работ по МБП.

§ 8. Инвентаризация природных ресурсов, и в частности почв и биогеоценозов со свойственными им круговоротами вещества и энергии, предполагает в конечном итоге составление классификации почв и биогеоценозов. В соответствии с приведенным в предыдущем разделе определением понятия «инвентаризации» классификация должна быть прежде всего генетической, т. е. включать в себя не только группировку объектов по их признакам и свойствам, но и учитывать направление и темпы их эволюции на фоне эволюции соответствующих ландшафтов. Было предложено много различных классификаций почв, отражающих связь почвообразования с тем или иным (или совокупностью) фактором почво-

образования (климат, растительный покров, материнские породы, грунтовые воды и т. д.), но все они еще не являются в полном смысле слова генетическими, ибо в них не находит полного отражения фактор «возраста страны», введенный в науку Докучаевым, но, к сожалению, по признанию Н. М. Сибирцева, наименее им разработанный. Не редки были случаи подмены понятия «возраст страны» понятием «возраст почв», а это разные понятия. По нашему мнению, генетическая классификация почв может быть составлена лишь тогда, когда в группировке найдет отражение и будет расшифрован «возраст страны». Ближе других к этой цели подошли И. М. Крашенинников (1922), Л. А. Иозефович (1931), Б. Б. Полынов (1909, 1953), С. С. Неуструев (1923), В. А. Ковда (1965) и другие ученые, в основном работавшие в области гидроморфных и, в частности, засоленных почв. «Возраст страны» как фактор почвообразования нельзя понимать только как время, прошедшее с момента заселения растительностью освобождающейся от ледника или моря территории, или со времени последнего вулканического извержения. Это время или абсолютный возраст должно учитываться в классификации почв разных регионов, но необходимо еще учитывать направление движения базиса эрозии (опускающиеся или поднимающиеся территории) и темп этого движения в новейшее время под влиянием молодых тектонических движений. Эти три черты слагают«возраст страны» как фактор почвообразования, который вместе с другими факторами (климат, растительный и животный мир, материнские породы, рельеф, грунтовые воды и деятельность человека) определяет облик почв и биогеоценозов и темпы их изменения. Итак, «возраст страны» представляется как важнейший фактор почвообразования, от понимания и учета которого зависит создание подлинно генетической классификации почв, в том смысле как ее понимал Докучаев.

§ 9. Почвенно-классификационная проблема, поставленная и в самой общей форме решенная Докучаевым и его последователями (Н. М. Сибирцев, К. Д. Глинка, Я. Н. Афанасьев и др.) в настоящее время снова стала наиболее актуальной проблемой теоретического почвоведения. Накопление обширного описательного и аналитического материала по почвам земного шара, выявившее необычайное разнообразие почв, несогласованность подходов и методов интерпретации материала различными национальными школами и группами исследователей, многообразие запросов, предъявляемых к почвоведению в разных странах, и ряд других причин определили необходимость и важность решения почвенно-классификационной проблемы на новом уровне, отвечающем состоянию естествознания второй половины XX века. По нашему мнению, проблема классификации в почвоведении должна решаться на классической географо-генетической основе, учиты-

вающей не только свойства и признаки почв в конкретный период их развития, но и их возраст, направление и темпы эволюции в конкретных ландшафтах и биогеоценозах. Поэтому классификация почв, отражая иерархию признаков и свойств самих почв, должна быть увязана с классификацией ландшафтов и биогеоценозов. Этой работе должно предшествовать: а) вычленение и достаточно строгое определение элементарной почвенной единицы – педона; б) строгая научная ревизия обширного фактического материала с составлением систематического списка почв; в) вычленение и определение основных таксонов, согласованных с разными таксонами в классификациях ландшафтов и биогеоценозов; г) сохранение традиции в присвоении различным почвам национальных названий, отобранных и утвержденных авторитетными почвоведами; д) достаточно строгое отделение естественноисторической генетической классификации почв от различных частных и прикладных их классификаций (сельскохозяйственных, лесоводственных, гидрологических, эрозионных и т. д.); это, однако, не означает, что в генетической классификации почв игнорируются современные черты почв антропогенного характера и что генетическая классификация должна учитывать лишь «девственный» облик почв, сформировавшийся в доисторические времена; наоборот, генетическая классификация почв в соответствии с учением Вернадского о ноосфере должна отражать и современные свойства почв (рецентные формы), но при этом должны учитываться лишь существенные и долговременно векторизованные признаки и свойства почв и факторы их эволюции; е) генетическая классификация почв должна устанавливать иерархию почв гомологов, а не аналогов, т. е. почв, сходных по генезису, а не только и не столько по их морфологии или сходству по химическому или механическому составу; так, например, смоницы Балканского полуострова аналогичны нашим черноземам, но гомологами их не являются; гомологи смониц – тирсы Марокко, грумозоли Америки, слитоземы (слитные черноземы) Северного Кавказа и даже солонцы, ополицы, такыры, регуры Индии и другие почвы (Быстрицкая и Тюрюканов, 1962, 1966); ж) составление генетической классификации почв предполагает серьезное творческое и в меру критическое освоение истории почвоведения и не менее серьезное знание общего учения о биосфере и биогеоценологической концепции.

§ 10. В последние годы усиленно разрабатываются вопросы геохимии и биохимии почв, особенно разделы о биологическом круговороте зольных элементов и азота, почвенной микробиологии, учения о микроэлементах, о составе и свойствах органического вещества почв, составе и строении вторичных глинистых минералов почв, динамике окислительно-восстановительных процессов и другие вопросы (газовый режим, поведение радиоизотопов и т. д.). Накапливающийся материал позволяет лучше понять и оценить количественно роль тех или иных процессов в формировании вещественно-энергетических

круговоротов в биогеоценозах, т. е. в системе почва – биоценоз – грунтовые воды – тропосфера. Однако этот материал, несомненно, очень ценный и полезный, имеет один существенный недостаток – некомплектность аналитических характеристик для конкретных биогеоценозов и почв. В одном месте изучают газовый режим почв, в другом – состав органического вещества, в третьем – микрофлору или микроэлементы в почвах. Это затрудняет понимание вещественно-энергетического круговорота в биогеоценозе как целостной системе и неизбежно ведет к ошибкам при экстраполяции результатов на природные или культурные ландшафты. Даже по таким относительно хорошо изученным объектам, как Теллермановское лесничество или Воронежский заповедник, все еще недостаточно данных для построения математической модели круговорота вещества и энергии в биогеоценозах. Причины этого недостатка заключаются не только в субъективном подходе исследователей, но главным образом в недооценке того факта, что реально существующей целостной элементарной единицей биосферы является биогеоценоз, а не почва и биоценоз, взятые порознь, и что нельзя понять вещественно-энергетических круговоротов в биосфере без комплексного изучения всех сторон жизни биогеоценозов и комплектности количественных характеристик этих круговоротов. Это заставляет считать, что почвоведение, являясь частью биогеоценологии, должно подчинить свои исследовательские интересы интересам биогеоценологии, а некоторые теоретические положения почвоведения должны быть уточнены и дополнены в свете представления о почве как части биогеоценоза и биосферы в целом.

§ 11. В настоящее время в почвоведении дискутируется вопрос об окультуренных почвах, их свойствах, классификации, направлении изменения их плодородия, при этом нередки случаи противопоставления и даже отрицания географо-генетической концепции Докучаева, как «неработающей» в условиях пахотных почв. Но это глубокое заблуждение рассеивается при чтении работ Докучаева; и в трудах докучаевских экспедиций, и в книге «Наши степи прежде и теперь», и в особенности в «Учении о зонах природы» Докучаев приводил мысль о связи природных процессов почвообразования с сельскохозяйственной деятельностью человека. Поэтому нет необходимости противопоставлять докучаевские идеи современным, наоборот, следует рассматривать последние в свете первых, стремясь сохранить преемственность с одной из выдающихся концепций естествознания. Прежде всего следует помнить, что пахотный горизонт и пахотная почва – разные понятия и что пахотная почва свое плодородие унаследовала в основном от естественных почв. Проблема пахотного горизонта это лишь часть проблемы окультуренных почв, которые как и целинные почвы состоят из нескольких горизонтов, сформировавшихся в процессе эволюции того или иного типа почв.

Поэтому качественная оценка почв, их бонитировка, должна базироваться на докучаевской концепции о генезисе почв с учетом

земледельческой истории и экономических показателей плодородия почв. Оценка пахотных почв только по пахотному горизонту – это возврат к агрикультурхимическому взгляду на почву. Если агрохимик и агротехник могут себе позволить интересоваться лишь пахотным горизонтом, то это недопустимо для почвоведа и агронома, которые должны знать свойства (химизм, водный режим, наличие местных водоупоров и т. д.) пахотных почв на всю глубину их профиля. Следует специально рассмотреть основные понятия и терминологию для почв, находящихся в землепользовании, ибо такие термины, как «окультуривание почв», «окультуренная почва», не всегда оправданы и часто употребляются даже в тех случаях, когда урожай зерна составляет лишь 5–7 *ц/га*. Классификация пахотных почв, отражая природные историко-экономические, агрохимические и иные характеристики почв, непременно должна быть увязана с генетической классификацией почв, что не только возможно, но и обязательно для прогноза севооборотов и сельскохозяйственных биогеоценозов будущего, которые, несомненно, будут обладать наивысшей биопродуктивностью.

§ 12. В соответствии с определением задач биогеоценологии как науки особое значение приобретает исследование биологического (точнее биогеохимического) круговорота веществ в биогеоценозах.

В первом приближении биогеохимический круговорот вещества энергии в биогеоценозе определяется следующими параметрами: а) входом в биогеоценотическую систему; б) нахождением веществ внутри биологических объектов системы, где они подвергаются многообразным превращениям (биосинтез и разложение органических веществ); в) кратковременным или длительным выходом из биогеоценоза с образованием биокосных объектов разной степени сложности и с разным запасом энергии (ил, торф, сапропель, природные воды, тропосфера, глинистые породы, известняки, нефть, сланцы, уголь и т. д.). Понять биогеохимический круговорот веществ можно, лишь определяя количество веществ и энергии на входе в биогеоценоз (количество углекислоты, кислорода, воды, минеральных элементов), интенсивность фотосинтеза, биологическую производительность и количество удерживаемых веществ в биологических объектах биогеоценоза, кругооборот веществ в процессе жизнедеятельности всех высших и низших растений и животных, микроорганизмов, а также количество веществ и их физико-химические формы на выходе из биогеоценоза в тропосферу, грунтовые воды, горные породы. От того, как полно и точно будут определены эти характеристики, зависит успех работ по МБП и разработке мер повышения биопродуктивности биосферы. Эти работы сейчас проводятся в лабораториях и заповедниках, на опытных станциях и экспериментальных установках. Следует помнить, что от уровня исследований биогеохимического

круговорота зависит не только выполнение работ по МБП – этой важнейшей «земной» программе, – но и успех работ по конструированию экосистем для космических полетов и «обживанию» других планет. В «том смысле учение о биосфере Земли биогеоценология и почвоведение – на наших глазах становятся науками не только «земными», но и космическими, о чем в свое время писал Вернадский.

§ 13. Биосфера Земли вступает в новое состояние – ноосферу (Вернадский, 1944), вызванное тем, что геохимическая структура биосферы резко изменяется под влиянием разнообразной деятельности человека (промышленность, сельское хозяйство, разработка полезных ископаемых, загрязнение водоемов и воздуха и т. д.). Не всегда и не везде деятельность человека сопровождается рациональным учетом биопродуктивности конкретных участков биосферы, и как следствие этого возникает резкое обеднение производительных ресурсов биосферы. Если до конца прошлого века деятельность человека в геохимическом отношении носила л о к а л ь н ы й х а р а к т е р, когда на планете еще оставались большие участки суши и океана, не затронутые прямо или косвенно деятельностью человека, то наш век характеризуется г л о б а л ь н ы м характером влияния человека на биосферу Земли. Это ставит много новых теоретических и практических задач по выяснению направления и темпов изменения производительности биосферы Земли и разработке мер рационального использования, охраны, «ремонта» и воспроизводства биологических ресурсов планеты.

Естественно, что становление ноосферы в первую очередь сопровождается изменением «равновесных» природных биоценозов и почв как целостных систем – биогеоценозов. Сведение лесов, распашка лугов и степей, затопление обширных пойм рек под водохранилища, мелиорация болот и засоленных земель и многие другие виды хозяйственной деятельности – все это не могло не отразиться на структуре биогеоценозов и биосферы в целом. В одних случаях деятельность человека способствовала повышению биопродуктивности мелиорированных территорий в масштабе длительного времени, в других, наоборот, понизила ее. Чтобы предвидеть все последствия деятельности человека в природе, следует исходить из биогеоценологической концепции, рассматривающей все компоненты среды жизни человека (водоемы, леса, степи, поймы рек, пустыни, тундра, горы и т. д.) взаимосвязанными и предсказывающей возможные последствия тех или иных (локальных или глобальных) результатов деятельности человека (загрязнение водоемов и снижение запасов питьевой и хозяйственно-бытовых вод, повышение или снижение плодородия почв, эрозию почв, возможность нашествия растений и животных, эпидемические болезни, снижение или возможность повышения эндемических заболеваний, масштабе радиоактивной загрязненности

территорий, характер поступления микроэлементов и радиоизотопов по пищевым цепям к человеку и многое другое). Поэтому становится очевидной необходимость освоения широкими кругами ученых, инженеров, агрономов и организаторов промышленности, сельского и лесного хозяйства общего учения о биосфере Земли и биогеоценологии.

III. Заключение

§ 14. Изложенные выше соображения о некоторых основных проблемах генетического почвоведения позволяют утверждать, что эти проблемы должны решаться в аспекте общего учения о биосфере и ноосфере Вернадского и биогеоценологической концепции Сукачева. Почвоведение в этом смысле является необходимой частью биогеоценологии и общего учения о биосфере, и вместе с ними оно составляет самостоятельный раздел естествознания, качественно отличающийся как от наук биологического, так и географо-геологического цикла. Развитие этого раздела науки подготовлено всей историей естествознания и связано, главным образом, с именами В. В/ Докучаева, В. И. Вернадского, Г. Ф. Морозова, В. Н. Сукачева, Л. А. Зенкевича и других русских естествоиспытателей.

В настоящее время различные точки зрения о задачах почвоведения как науки сводятся в основном к двум представлениям: одна группа исследователей настойчиво придерживается и пропагандирует докучаевские идеи и методы изучения почв как естественноисторических образований, а почвоведение рассматривает как естественноисторическую дисциплину. Это обеспечивает, по их мнению, объективное и всестороннее изучение закономерностей почвообразования, на основе которых можно и должно делать выводы и рекомендации практического характера в разных сферах народного хозяйства (сельское и лесное хозяйство, поисковая геология, военное и инженерное дело, медицина и т. д.). Другая точка зрения существовала еще в додокучаевские времена, противопоставлялась докучаевским идеям при жизни Докучаева и имеет многочисленных приверженцев в настоящее время. Суть ее сводится к признанию почвоведения наукой прикладного сельскохозяйственного цикла, призванной выяснить только те процессы в почвах, которые определяют урожайность тех или иных сельскохозяйственных культур.

Каждый естествоиспытатель и серьезно думающий о будущем практик легко сделает выбор между этими точками зрения, если будет помнить о том, что «нет ничего на свете более практичного, чем хорошая теория». Утилитарный подход к изучению и использованию почв неизбежно ведет к недобору положительной информации о почвенных процессах и, несмотря на рост агротехнических средств, не может обеспечить соот-

ветствующего повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, теоретической основой познания закономерностей развития жизни на Земле, направлений и темпов ее эволюции, анализа современного и будущего состояния ее биологических ресурсов и их охраны и рационального использования является общее учение о биосфере – биогеоценология и генетическое почвоведение. Только развивая эти комплексные теоретические дисциплины, народное хозяйство, и *в* частности сельское хозяйство, может рассчитывать на максимально возможное использование биологических ресурсов Земли для практических нужд без подрыва производительных сил Земли.

Н. В. Тимофеев-Ресовский

Об экологически чистом сельскохозяйствовании[1]

Концепция экологически чистого сельского хозяйства предполагает два аспекта мышления:

1. Ностальгические воспоминания о былой чистоте биопродукции дохимической, доатомной, допестицидной эпохи.

2. Активное научно обоснованное мышление об экологически чистом сельском хозяйстве в наше и обозримо будущее время и разработку соответствующих мер взаимодействия человека в среде его обитания.

Биологический вид Homo sapiens так нарушил спокойное течение круговоротных, динамически равновесных процессов в природе, что сам стал жертвой обратной реакции природы (эффект бумеранга), включая атаку 5 млн. видов ее обитателей. Исходя из концепции В. И. Вернадского о биосфере и биогеохимии, ландшафтно-геохимической концепции Б. Б. Полынова и радиационно-биогеоценологической концепции Н. В. Тимофеева-Ресовского, ученые пришли к выводу, что изучение характера круговорота химических элементов, его векторов и темпов, характер трансформации химических форм и соединений составляет суть настоящей теории создания экологически чистого сельского хозяйства.

К сожалению, методические подходы и ограничения резко сужают возможности решения этой важной методологической проблемы.

---

[1] Статья написана в соавторстве с А. Н. Тюрюкановым. Проблемы охраны почв//Сборник научных трудов. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны природы и заповедного дела Госкомприроды СССР. 1990. С. 3–5. (Статья опубликована после смерти Н. В. Тимофеева-Ресовского)

В лучшем случае ученые используют метод баланса химических элементов в био(агро)ценозе. Не принижая значение этого метода, его следует рассматривать как статический (крематорный) метод анализа динамических процессов. На сегодня только метод «меченых атомов» при его корректном применении в моделях можно рассматривать как единственный метод, позволяющий оценить скорость круговорота элементов в экосистемах.

Эти работы впервые были поставлены в конце 50-х годов в лаборатории Н. В. Тимофеева-Ресовского и были опубликованы в разных изданиях. В многочисленных экспериментах и на разнообразных моделях и типах почв учениками и сотрудниками Н. В. Тимофеева-Ресовского были установлены качественные и количественные характеристики сорбционной способности почв по отношению к разным элементам (радиоизотопам), коэффициенты накопления их различными растениями и микроорганизмами, впервые оценены скорости круговоротов, разных химических элементов на пшенице.

Эти исследования дали неожиданные результаты, показывающие, что скорость обмена (полной смены) того или иного химического элемента в организме совершается в течение короткого (1–15 суток) времени. Эти результаты были доложены на Международном симпозиуме по корневым системам в 1968 году, проходившем в СССР.

По ряду независимых от авторов причин эти исследования не были продолжены, но их научно-методическая важность неоспорима.

В наши дни, когда химическая атака на почвы достигла своего печального апогея, особенно в связи с событиями в Чернобыле, когда качеству биопродукции отдается предпочтение перед его количеством, мы считаем, что развертывание работ по оценке характера и скоростей биохимического круговорота веществ должно иметь приоритетное направление. На анализе таких моделей и экспериментов, а также на изучении судьбы химических элементов в ландшафтах мы сможем создать стройную концепцию современной истории и методы борьбы с антропогенными загрязнениями биосферы, включающие в себя анализ химических форм и концентраций исходных загрязнителей, трансформации их неорганических и биоорганических форм и скоростей миграции, зон рассеивания и очагов вторичного накопления в ландшафте.

Это приведет нас к научному прогнозу современной геохимической судьбы элементов. Как следствие этого будут сформулированы научные основы управления и дезактивации территорий и почв.

В этом мы видим один из путей создания и ведения экологически чистого сельского хозяйства и природопользования, наряду с фитопатологическими и другими его аспектами. На этом же пути возможно воссоздание старой системы нормирования и регламентации при разработке мер по охране природы.

Биосфера и время

Распалась связь времен...
В. Шекспир. Гамлет

Познавая мир, человек обретал уверенность в своей способности овладеть силами природы. Но постепенно уверенность переросла в самоуверенность. Чувство соразмерности с природой сменилось антропоцентрически-агрессивным отношением к ней. Человечество оказалось в плену одноплоскостного мышления, утерявшего самый важный его компонент: связь времен природы и человечества. Это стало стратегическим проигрышем человечества.

С этой позиции и следует оценивать так называемые глобальные проблемы современности. Эти проблемы с предельной ясностью зафиксировали исчерпанность *пространственного ресурса* развития человечества. Оно охватило своей деятельностью всю биосферу – не только всю ее поверхность (территорию и акваторию планеты), но и ее «былые биосферы». Ограниченность пространства и природных ресурсов «былых биосфер поставили предел экстенсивному развитию экономики.

Экстенсивный путь захвата биосферы и есть проявление в действии одноплоскостного мышления, лишенного историзма. Ведь на самом деле то, что человек берет у биосферы (так называемые возобновимые и невозобновимые природные ресурсы, основанные на биопродуктивности почв, лесов и водоемов, и полезные ископаемые «былых биосфер»), – все это есть продукт *исторического* развития биосферы. Все это создано *«со временем»,* как говорил М. В. Ломоносов. Так что в конечном итоге глобальные ресурсно-сырьевые, энергетические, экологические и продовольственные проблемы уходят своими корнями во *временной* (исторический) ресурс биосферы. В этом временном аспекте существования биосферы заключена главная зависимость человечества от природы.

Уже в конце прошлого века, когда стали систематически разрабатываться научные основы учения о биосфере, пространственный фактор развития общества оказался в центре внимания не только естествоиспытателей, но также социологов, экономистов, политиков и демографов. В это время широкое распространение получил географический детерминизм (указывавший на роль географической среды в развитии общества) и стали разрабатываться различного рода геополитические концепции. Столетие спустя, уже в наше время, эти направления теории и практики развития человечества «обогатились» политизированной экологией, или «экополитикой». Природные ресурсы, а теперь и поиск территорий для захоронения отходов и грязи современного индустриального производства – вот те основные проблемы, вокруг которых в настоящее время развертывается политическое и экономическое

соперничество государств и транс национальных компаний. По существу, это новый по форме, но чрезвычайно агрессивный по отношению к биосфере виток в развитии человечества, катастрофично-гибельный по своим последствиям. На словах экология призвана восстановить нарушенный баланс взаимодействия человечества с биосферой, но на деле политизация экологии лишь углубляет разрыв с биосферой. Историческое понимание взаимодействия общества с природой, на необходимость учета которого указывал географический детерминизм конца прошлого века (вспомним, например, Э. Реклю, Л. И. Мечникова, Н. П. Семенова-Тян-Шанского и других), совершенно испаряется в политизированной экологии.

Единственный способ решения и предотвращения глобальных биосферных проблем – переход ко временной парадигме понимания проблемы «Биосфера и Человечество». Только такой путь может служить реальной альтернативой технологическому развитию, целиком сориентированному на сверхрасточительное потребление природных ресурсов. Поэтому при планировании экономики нужно исходить из временного, а не только пространственного (территориального) ресурса биосферы.

Человечество до предела сжало время ее эволюции и даже повернуло его вспять. Мы уже упоминали о том, что многомиллиардную историю формирования горючих ископаемых (нефти, газа, угля) человечество раскрутило в обратную сторону, сжав ее до 150–200 лет. Таким же образом мы поступаем с почвенным и зеленым покровом, с ландшафтами, гидрографической сетью и атмосферой планеты. Так, например, за свою историю человечество утеряло огромную площадь наиболее благодатного почвенного покрова, превышающую площадь нынешней пашни.

Люди уже привыкли к неожиданным поворотам истории. Но самая большая неожиданность – это неожиданность в мышлении. Нам нужно понять и принять неожиданность той мысли, что переход ко временному ракурсу видения проблемы «Биосфера и Человечество» есть единственный шанс для человечества. Сознание людей закрепощено и «затюкано» постоянным внушением «необходимости» и «закономерности» тех или иных действий. Мы теряем основное качество мысли – ее свободу, ее способность встраиваться в связь времен.

Время – категория космическая. И, к сожалению, на этом наша мысль останавливается. И это наша беда, потому что живем мы в реальности биосферы. А здесь время проявляется по-особому. Здесь оно дополняется и конкретизируется *категорией возраста.* Возраст – категория систем, в которых осуществляется процесс *управления.* Реально в биосфере категория возраста связана с *живым веществом,* так как именно на нем завязаны все процессы регуляции и управления в биосфере. *Возраст,* иначе говоря, – *категория живого.* Живое есть прояв-

ление времени жизни биосферных систем. Биосфера – это особое материальное тело, в котором сопряжены времена протекания разнообразных природных процессов, опосредованные управляющей деятельностью живого вещества.

Уже В. В. Докучаев подчеркивал, что время нужно рассматривать как один из факторов почвообразовательного процесса. Он говорил, что почвообразовательный процесс напрямую связан с «возрастом страны». «Возраст страны» определяется такими процессами как поднятие и опускание суши («выход горных пород на дневную поверхность»), освобождение территории от ледника, перестройка гидрографической сети и т. д. Подчеркивая роль фактора времени в почвообразовательном процессе, В. В. Докучаев назвал созданную им науку о почве генетическим почвоведением. Анализ типологии и географического распространения почв, указывал он, должен строиться на исторической основе. И все же именно временной аспект оказался наиболее слабо разработанным в учении о почве. Это отметил один из любимейших учеников В. В. Докучаева – Н. М. Сибирцев. На недостаточную разработку категории времени как фактора почвообразовательного процесса обращал внимание и Б. Б. Полынов. Он стремился восполнить этот недостаток. Введя в представление о ландшафте геохимический аспект, Б. Б. Полынов оживил ландшафт, раскрыв в его структуре динамику круговорота вещества.

Время жизни биосферы и ее систем выражается через так называемое астрономическое время (год, сутки, часы, минуты, секунды). От этого астрономического времени невозможно уйти, потому что жизнь биосферы определяется Космосом, движением планет, движением самой Солнечной системы, движением Земли вокруг Солнца. Но вместе с тем *каждая система имеет свое собственное время* – свою интенсивность процессов, свои циклы развития. Собственное время систем – это *ансамбль взаимоотношений различных временных процессов, слагающих ту или иную систему* («ансамблевая емкость» систем). В этом случае не подходит двуполярная логика («да» – «нет»), здесь нужна «ансамблевая» логика, синтетичная в самой своей основе. Нужен не «научный захват» (как у аналитиков), а «научный охват» биосферы, как об этом писал В. И. Вернадский. Вся наша практическая деятельность должна строиться с учетом собственного времени каждой биосферной системы.

Ансамблевая сопряженность всех процессов, протекающих в биосфере и ее системах, не складывается стихийно-статистически, а есть результат работы управляющих механизмов, действующих в биосферных системах. Сами по себе элементарные единицы (или элементарные явления, элементарные процессы), образуя некоторую совокупность, еще не дают целостной системы. Так, например, совокупность молекул еще не способна сама по себе образовать живой организм. Такая целостная система возникает только

тогда, когда все ее элементарные единицы сцеплены, связаны в некоторой временной сетке. Эта связь единиц «во времени» и есть не что иное, как организованность систем.

Кроме элементарных структур биосферные системы имеют программы («проекты») управления, которые воплощены в различного рода кодах. Есть генетические коды, управляющие развитием каждого живого индивида, есть коды, определяющие работу следящих и управляющих систем в почвах и биогеоценозах. Все эти коды так или иначе связаны прежде всего с деятельностью живого вещества. Вот почему оно оказывается самым мощным и динамичным фактором организованности биосферных систем. Через живое вещество идет основной поток информации в биосферных системах.

В организованности биосферных систем выражается их собственное время, оно в них запаяно, запасено, – и в этом заключается их уникальность. Биосферные системы обладают «памятью». «Память» – вообще характернейший признак систем, охваченных процессом управления.

Собственное время биосферных систем связано не только с информационной, но также и с *энергетической* характеристикой.

На это обратил внимание еще В. И. Вернадский. В книге «Биосфера» он писал, что «изучение *необратимости жизненного цикла*... приводит нас в научную область, находящуюся в процессе образования и касающуюся будущего – будущая энергетика нашей планеты». И далее: «...несомненно, что все *химические соединения, связанные с жизнью, являются собирателями солнечной энергии.* Если даже энергия проявляется в них в виде молекулярной или химической энергии, ее существование стало возможным только благодаря лучистой энергии Солнца, захваченной живым организмом, превратившим ее в химическую энергию. Мы здесь касаемся явлений жизни *самых глубоких* из всех, какие были до сих пор изучаемы наукой. Нельзя обходить их молчанием, чтобы понять все философское и научное значение затронутых идей и сделать научной работой и философским анализом те выводы, которые пока в них скрыты»[1].

В. И Вернадский вводит понятия *геологического и исторического времени,* связывая последнее с деятельностью живого вещества планеты. Вещество планеты состоит, говорит он, из семи разнородных частей, каждая из которых имеет свое энергетическое выражение и вносит свой вклад в общую энергетику биосферы. *Живое вещество* состоит из непрерывно умирающих и рождающихся особей, обладающих «*колоссальной действенной энергией (биогеохимической энергией) и являющихся* могучей геологической силой, нигде на планете больше не существующей, связанной с другим

---

[1] *Вернадский В. И.* Биосфера. М., 1967. С. 173 – 174.

веществом планеты только биогенной миграцией атомов. *Концентрация живым веществом определенных химических элементов* в биосфере есть, по-видимому, ее *господствующий* – б и о г е н н ы й – *геологический процесс*».

Биогенное вещество, создаваемое и перерабатываемое жизнью, есть «источник *чрезвычайно мощной потенциальной энергии* (каменный уголь, битумы, известняки, нефть и т. д.). Живые организмы в нем после его образования геологически малодеятельны» (курсив наш. – Л. *Т., В.* Ф.).

Косное вещество, образуемое помимо живого вещества, является носителем *свободной энергии.*

Биокосное вещество, создающееся одновременно живыми организмами и косными процессами (океаническая и почти вся другая вода биосферы, нефть, почва, кора выветривания и т. д.) является носителем *геохимической энергии живого вещества - биогеохимической энергии.* Биокосные организованные массы вещества являются сложными динамически равновесными системами, в которых резко проявляется геохимическая энергия живого вещества»[1] .

Всего 2 – 3% солнечной энергии усваивается фотосинтетиками, но этого оказывается вполне достаточным, чтобы энергетически зарядить биосферу, превратить ее в мощный энергоноситель. Энергия переполняет биосферу, только мы с ней обращаемся совершенно варварским образом. К великому сожалению, мы не считаемся с тем, что только большие – *геологические* – времена превращают фотосинтез в «пусковой», как говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский, механизм биосферы.

Переход из области витасферы в область «былых биосфер» – это переход от исторического к геологическому времени биосферы. Здесь совершается переход от «углеродной» к «кремниевой» энергетике. Жизнь связана с углеродом, и все разнообразие форм живого определяется разнообразием макромолекул, в основе которых лежит углерод. «Выход же в геологию», осуществляемый путем разнообразных трансформаций «трупов» и метаболитов живого (по вещественной и энергетической компоненте) связан с кремнием (глины, кремнезем, алюмосиликаты – через них передается энергия, накопленная живым веществом). Истощение почвы – поскольку именно в ее глинистой структуре запасается солнечная энергия – означает истощение основного энергетического запаса планеты. За последние 100 лет человек разрушил примерно половину этого запаса. Мы до сих пор смотрим на почву лишь как на источник биопродукции, забывая, что она является источником общепланетарной энергии.

---

[1] *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1987. С. 51 – 52

Таким образом, с высшего макромолекулярного энергетического уровня живого вещества энергия переходит по разным каналам в различные природные системы и подсистемы, из которых наиболее интересны кристаллические решетки минералов и химически сложные соединения, с помощью которых энергия запасается на большие отрезки времени в основном через почвообразование и илообразование. Захоронение минералов и органических веществ приводит к захоронению и больших запасов энергии в недрах Земли – торф, нефть, газ, сланцы и особенно глинистые минералы. Изучению последних В. И. Вернадский уделял большое внимание. Со временем (геологическим) эта запасенная в осадках энергия выделяется из кристаллических решеток, давая импульс новым движениям вещества, включая такие мощные, как вулканизм. Геологическая эволюция планеты и эволюция ее живого вещества (геологическое и историческое время, по В. И. Вернадскому) оказываются, таким образом, сопряжены по энергетической компоненте биогеохимического круговорота вещества в биосфере.

Информационный и энергетический аспекты собственного времени биосферных систем должен быть обязательно дополнен *каталитическим* аспектом. Триада – информация, энергетика и катализ – имеет временную основу.

Каталитические процессы все еще остаются большой загадкой для человечества. Еще не до конца понята их физико-химическая сущность, еще не создана теория катализа, но он уже используется в производстве. Занимаясь последние годы проблемой катализа, исследователь А. Е. Андреева пришла к выводу, что сейчас на первый план выдвигаются вопросы: какова биосферная роль катализа, какова его роль в геохимии планетного вещества. Ясно, что с катализом связаны качественные скачки в генеалогии вещества, громадное ускорение синтеза химических соединений. Есть все основания считать, что катализ является центральным звеном, базовым процессом в эволюции вещества Земли. С ним связано возникновение качественно нового – живого – вещества и формирование биосферы нашей планеты.

Катализ – это глобальный биосферный (геохимический и биогеохимический) процесс. Преобладание тех или иных каталитических процессов в разные геологические эпохи определяло биогеохимический облик Земли. Многообразие каталитических систем в различных термодинамических условиях «былых биосфер» вело ко все большему усложнению организованности биосферы как космической системы, к появлению новых компонентов биосферы и новых форм живого вещества.

Каталитические процессы осуществляются каталитическими системами различной степени сложности: от простых, представленных отдельными атомами до очень сложных ферментных сис-

тем. Биогеохимическая эволюция живого вещества сопровождалась нарастанием сложности каталитических систем вплоть до появления ферментных.

Вероятно, что протожизнь на планете связана с возникновением каталитических систем, и в этом смысле она имеет космическое происхождение. Не исключено, что затухание жизни обусловлено их деградацией по тем или иным причинам. По-видимому, каталитические системы в значительной степени определяют и неоднородность планетарно-космических систем. Как гипотезу, можно высказать предположение, что происхождением воды и кислорода наша планета обязана каталитическим реакциям. Под каталитическими процессами в биосферном плане мы понимаем любые реакции и процессы, которое совершаются от модального состояния этих же процессов, не нарушая законов сохранения. Вероятно, эти процессы совершаются или результируются преимущественно не как изменение материального состояния реагентов, а как изменение *структурирования* входящих и конечных веществ. К ним же относятся мембранные процессы.

Известно, что в зависимости от того, в какой среде протекает катализ, различают два его вида – гомогенный и гетерогенный. Поэтому, говоря о преобладании тех или иных каталитических процессов в различные геологические эпохи, нельзя забывать о том, что их определяло конкретное фазовое состояние системы (жидкое, газовое, твердое или состояние плазмы).

Физические геосферы Земли (газовая, водная и литосфера) взаимодействуют друг с другом, вызывая круговороты вещества планеты за счет энергии Космоса, главным образом лучистой энергии Солнца, усваиваемой фотосинтетиками. Фотосинтез – каталитический процесс, переводящий энергию солнечного луча с атомного или низкомолекулярного уровня на энергетически богатый макромолекулярный уровень. Это удивительное явление, запускающее биогеохимический круговорот вещества и энергии, определяющее динамическую картину жизни биосферы в Геологическом Времени.

С большой вероятностью можно предполагать, что помимо фотосинтеза существуют и другие пути аккумуляции солнечной энергии. Иными словами, не только органические соединения являются «геохимическими аккумуляторами» солнечной энергии. Согласно гипотезе Н. В. Белова и В. И. Лебедева, соединения алюминия и некоторых других металлов также (с участием каталитических процессов!) могут аккумулировать солнечную энергию на поверхности Земли. Она аккумулируется в процессе превращения минералов изверженных пород во вторичные глинные минералы, которые по количеству запасенной энергии соизмеримы с энергией углей и других органических соединений. Опускаясь со временем на большие глубины, глинистые минералы в конечном счете превращаются в полевые шпаты, а аккумулированная сол-

нечная энергия выделяется и оказывается источником тектонических процессов в земной коре. К сожалению, данная гипотеза до сих пор не привлекла внимания исследователей, а между тем она приоткрывает очень важный ракурс видения баланса и круговорота энергетики планеты во взаимодействии живого и косного вещества в геологическом масштабе времени.

Можно полагать, что изучение каталитических процессов позволит проникнуть в самые интимные тайны биосферы и приведет нас к пониманию путей сопряженной эволюции биосферы и человечества. Управление биосферными процессами есть овладение их временными параметрами, запаянными в организованность биосферных систем. И тут без знания катализа и всевозможных форм его проявления обойтись совершенно невозможно.

Поясним одним примером. Речь идет о довольно искусственном разделении органического мира на мир растений и мир животных. «Ясное» и очевидное различие между бегающими (животные) и стоящими (растения) оказалось настолько сильным, что дало повод для выделения царства растений и царства животных.

Открытие клетки и появление клеточной теории М. Шлейдена и Т. Шванна размыло столь очевидный водораздел между растениями и животными. Клетка была признана универсальной структурной единицей всего органического мира. Это открытие в области морфологии должно было подтвердиться физиологией и биохимией. Однако физиология и биохимия растений и животных так углубились вовнутрь организма и в проблемы гомеостаза, что совершенно потеряли из вида термодинамическое поле биосферы, флюктуирующее в интервале 100 градусов.

Условность искусственного разделения органического мира на растения и животных становится очевидной, если они будут рассмотрены как взаимодополнительные составляющие части единого биогеохимического круговорота биосферы и геохимических функций живого вещества,

И здесь выступает на первый план ключевая роль катализа.

Круговорот вещества в биосфере замыкается на ферментации. Поглощая и пропуская через себя растительную пищу, животный организм усваивает лишь часть ее. Остальная часть выходит из организма, обогащенная экзоферментами, необходимыми для работы растений и микроорганизмов. Живые системы работают поверхностями, а не весами. Через крошечный, в доли миллиметра, желудок шелкопряда во внешний мир выходят мириады свободных экзоферментов, т. е. катализаторов. Лесная и травяная подстилка начинает разлагаться только в том случае, если она предварительно пройдет эндоферментное зачатие в беспозвоночном царстве. Так через ферменты замыкается биогеоценологический круговорот и устанавливается взаимосвязь растительного и животного мира. Растения без животных – это обрыв исторической

эволюции биосферы. Растения через метаболиты и ферменты поедающих их животных выходят в геологическое время биосферы. Можно с уверенностью говорить о том, что экзоферментность, понимаемая в биогеохимическом аспекте, составляет один из важнейших «приводных ремней» того механизма поддержания равновесия в биосфере, о необходимости изучения которого так настойчиво говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Механизмы управления и высокоскоростные каталитические процессы придают биосферным системам (почвам, биогеоценозам и ландшафтам) высокую степень устойчивости во времени к различного рода воздействиям. Вследствие высокой динамичности и стабильного режима работы системы имеют длительную – от десятков до миллионов лет – историю развития. Длительность их существования позволяет применить метод эмпирического обобщения, лежащий в основе естественноисторического анализа этих систем. Опираясь на изучение долговременной эволюции биосферных систем (ретроспективный анализ), ученые могут прогнозировать их будущее развитие.

Но дело существенно осложнилось в нашем веке, когда биосфера оказалась под жестким прессингом техногенной экспансии, вызывающей быстротекущие изменения в биосфере. Эти изменения столь скоротечны и значительны, что существующие механизмы регуляции биосферных процессов не успевают скомпенсировать, а часто даже среагировать на антропогенные воздействия, обрушившиеся на биосферу. В этом случае ученые уже не могут воспользоваться методом эмпирического обобщения. В какой-то мере их выручают вероятностно-статистические методы. Но при этом и прогноз носит вероятностный характер, и, кроме того, эти методы не могут выявить эволюционную направленность, векторизованность процесса. Они работают в том случае, когда множество процессов еще не оказались объединенными некоторой общей для них тенденцией развития, когда еще не возник общий вектор развития системы, в которой происходит это множество процессов. Статистическое множество в историческом смысле не обладает направленностью. Антропогенные воздействия наложили на векторизованный естественноисторический путь развития биосферных систем сетку вероятностно-статистического множества процессов.

Смена «бега времен», появление быстротекущих изменений в биосфере приводит к необходимости естественноисторический метод анализа и прогноза развития биосферных систем дополнить встречным методом статистически-вероятностного прогноза. Подчеркнем, что встречность этих методов становится существенным условием прогноза эволюции биосферы в период техногенного антропогенеза. При таком подходе моделирование как частный прием анализа и синтеза возводится в ранг методологического приема в естествознании. В наши дни ни «эмпирическое обобще-

ние», ни «моделирование» не могут быть самостоятельными, изолированными методами почвоведения, биогеоценологии, ландшафтоведения и учения о биосфере. Только их сопряжение, взаимная коррекция составляет метод научного синтеза и прогноза на современном этапе развития науки.

В каждом природном объекте обнаруживаются реликтовые или консервативные признаки и свойства – память истории его развития, а также динамические признаки и свойства – продукт современных процессов его существования. Это сосуществование стабилизирующих (консервативных) признаков и свойств с динамичными современными признаками и свойствами в природных системах требует при анализе и прогнозе их судьбы использования особого *биогеоценотического метода исследования – сопряженного метода естественноисторического анализа и моделирования,* причем акцент здесь делается на анализ связей внутри системы или между системами. Эти связи настолько сложны и глубоки, что охватывают не только нынешние взаимоотношения элементов внутри системы, но и обеспечивают «связь времен» в системе, связь долгодействующих векторизованных подсистем и процессов и статистически случайных процессов современности. Это разнообразие связей, их множественность и разнокачественность во времени и пространстве обеспечивает стабильность природных систем (биогеоценозов) во времени и пространстве, приводя их в состояние стационарного (динамичного, а не статичного) режима.

Н. В.Тимофеев-Ресовский ввел понятие биохорологической единицы как выражение пространственного проявления гетерогенности биосферы, ее пространственного подразделения на различные уровни структурной организованности. Учитывая разнообразные проявления времени в биосферных системах и связь собственного времени биосферных систем с их основными вещественно-энергетико-информационными аспектами, мы предлагаем ввести в науки о биосфере понятие *биохронологической* (хронос – время) *единицы – биохроны.*

Не следует путать понятие биохроны с представлением о биологическом времени, которое выражается в совокупности физиологических и биохимических процессов в термодинамическом поле организма.

Биохрона – это *время и возраст существования* соответствующих *биохор* (биогеоценотических, почвенных, ландшафтных) в аспекте их вклада в геохимическое, энергетическое и другие состояния биосферы. Таким образом, категория времени (являющаяся общей для всех физических процессов) в науках о биосфере дополняется и конкретизируется категорией возраста (характерной для живых организмов и для всех систем, в которых проявляется управляющая функция живого вещества), и категорией биохроны.

Понятие биохроны дополняет и конкретизирует понятие геологического и исторического времени. В учении о биосфере В. И.

Вернадского работа живого вещества рассматривается в геологическом масштабе времени, т. е. с точки зрения всего времени существования биосферы и ее перехода из одного эволюционного состояния в другое. Теория эволюционного развития органического мира Ч. Дарвина ставит в центр внимания значительно меньшие отрезки времени – период существования того или иного вида. Учение о биогеоценозах В. Н. Сукачева еще более суживает временной «угол зрения»: время жизни биогеоценозов короче времени жизни органических видов. В эволюционной теории Ч. Дарвина речь идет о времени существования одного вида, а понятие биохроны указывает на интегральность времен всех событий, происходящих в той или иной биосферной системе. Ч. Дарвин ввел понятие естественного отбора как борьбы за выживание. Понятие отбора Н. В. Тимофеев-Ресовский распространил и на биогеоценозы, но дал ему более широкую трактовку: во-первых, с биогеоценотической точки зрения, естественный отбор видов и популяций происходит по признаку их вклада в общий круговорот вещества в биосферной системе и, во-вторых, отбор ведется не только «по жизни», но и «по смертям» (особи того или иного вида должны выходить из «круга жизни» в соответствующее время и в соответствующей форме, дабы не прервался общий круговорот вещества и энергии в биосферной системе). Иначе говоря, биогеоценотический подход подразумевает выявление интегрального эффекта времен всех событий, совершающихся в биогеоценозе.

Таким образом, в науках о биосфере можно выявить по крайней мере три основных временных ракурса («угла зрения») изучения биосферы и ее систем – геологический, эволюционно-органический и биохронологический. В своей совокупности эти ракурсы дают достаточно полное представление о динамике современных биосферных процессов в их связи с геологической и исторической «памятью» биосферы.

Круговорот вещества – основа основ всех временных характеристик биосферных систем. Опираясь на понятие круговорота, целесообразно ввести понятия основного и элементарного времени жизни биосферных систем, и прежде всего биогеоценозов, как элементарных биохорологических структур биосферы. Под *элементарным временем* следует понимать время одного полного обращения вещества живых организмов, входящих *в* состав биогеоценоза, а за *основное время* принять время, которое требуется для становления и развертывания всех основных признаков и функций биогеоценоза.

Понятие элементарного времени дает возможность «числом и мерой», как говорил В. И. Вернадский, выразить одно из основных свойств биосферных систем – их биопродуктивность, под которой следует понимать не только произведенную биомассу, но также всю совокупность различного рода метаболитов, которые организмы выделяют в окружающую среду при отправлении жиз-

ненных функций – питании и дыхании. С точки зрения биохронологического мышления можно оценить важность различения двух понятий из сельскохозяйственной практики – понятия «урожай» и «урожайность». За основу подсчета урожая принимается астрономическая единица времени – год или сезон. А под урожайностью понимается средняя величина урожая за несколько лет. Понятие урожайности полнее выражает сущность биохронологической характеристики биосферных систем, хотя оно и не является природной категорией, а выражает производство биопродукции в условиях искусственных агросистем.

С позиции биохронологического подхода чрезвычайно эффективным показателем жизнедеятельности организма и его вовлеченности в круговорот вещества в биогеоценозе может служить время, за которое организм пропускает через себя количество пищи (из расчета сухого веса), равное его сухому весу. Существует определенная корреляция (к сожалению, количественно не изученная) между временем наступления половой зрелости (и, следовательно, появлением нового поколения особей) и количеством пищи (в сухом весе), съеденным организмом с момента рождения до наступления половый зрелости. Грубая прикидка показывает, что к моменту половой зрелости организм должен пропустить через себя количество пищи, которое примерно в 400–500 раз больше его собственного веса в половозрелом состоянии. Этот показатель, таким образом, существенно дополняет представление о связи биогеохимического круговорота вещества с биологическими ритмами жизни особей, видов и их популяций (популяционные волны).

Чрезвычайно эффективным показателем жизни биогеоценоза может служить время круговорота отдельных химических элементов в пределах биогеоценоза. Можно говорить о «биохроне углерода», «биохроне кальция», «биохроне азота» и т. д. как о времени, за которое тот или иной отдельный атом совершает полный круговорот по всем звеньям биогеоценоза.

Работая вместе с Н. В. Тимофеевым-Ресовским в рамках радиационной биогеоценологии, А. Н. Тюрюканов вместе со своими учениками изучал скорость круговорота ряда элементов в системе «раствор – растение» и «почва – раствор» методом меченых атомов (см. выше по тексту). Оказалось, что скорости круговорота атомов в этих системах значительны. Например, в системе «раствор – растение» полная (по массе) смена кальция в пшенице происходит приблизительно за двое суток[1]. Следовательно, за пе-

---

[1] Tyuryukanov A. N., Abaturov Ju. D., Letova A. N. Experimental study of the role of plant root systems in the migration of radioisotopes// Methods of productivity studies in root systems and rhizospere organisms. International symposium USSP. L., 1968.

риод вегетации кальций совершает несколько десятков круговоротов. Жаль, что изучение круговорота элементов не стало достоянием агрохимической науки. Вот и сыплем мы на поля непомерно большие дозы удобрений и тратим огромные деньги на их производство. Таким образом, изучив скорость круговорота химических элементов во всех взаимосвязанных звеньях биогеоценоза, мы получаем возможность эффективного управления жизнью биогеоценозов, как искусственно нами создаваемых, так и естественных. Здесь – огромный резерв для повышения производства необходимой человеку биомассы.

Очень важным показателем временной динамики жизни биогеоценоза является динамика численности популяций. К сожалению, часто прибегают к среднеарифметической оценке биомассы биогеоценоза, отбрасывая и не учитывая ту биомассу, которая образуется в момент пика численности определенной популяции. Такой подход нельзя признать правильным – ведь само возникновение пика численности популяции является вполне закономерным явлением. Появление этих пиков может быть связано с определенными космическими циклами (впервые их систематическое научное изучение предпринял А. Л. Чижевский), но может зависеть и от многих других причин. Приведем в связи с этим любопытный случай. Случилось так, что мне[1] пришлось вместе с коллегами выбирать место для показа почв делегатам Международного конгресса почвоведов. Мы зашли в широколиственную дубраву. Летняя жара иссушила почву на полях, но в лесу ноги пошли по мокрой почве и густой траве. Местами встречались даже мелкие лужи, хотя рельеф по сравнению с полем не изменился. В чем же дело? Сначала даже показалось, что идет дождь. Прислушались. Да, шуршит дождь по листве. Подняв глаза, с удивлением увидели, что кроны деревьев стоят почти без листьев. Оказалось, что на лес напал листоед – дубовый шелкопряд, который объел всю листву. Скорость поедания листвы была так велика, что экскременты сыпались на землю как дождь. Естественно, что листоед не в состоянии переварить листья. А листва сочная, азота биоорганического в ней много. И вот вся эта огромная масса азота буквально «упала с неба», через опустевшие кроны солнце беспрепятственно согрело землю, и ранее подавленные лесные травы резко пошли в рост. Из-за того, что деревья прекратили транспирацию воды, а травы создали парниковый эффект, влага стала накапливаться в почве. Вот что бывает иногда в природе. Самоудобрение почв. Но это все в рамках эволюции почв и биогеоценозов.

Можно заметить, что биохрона как характеристика собственного времени биосферных систем обладает двумя особенностями. Во-первых, о ней можно говорить как о некоторой единице времени, имеющей определенную дискретную величину. Эта единица

[1] Речь идет об А. Н. Тюрюканове.

выражает целостность биосферной системы и поэтому не должна быть смешиваема с другими проявлениями времени. Во-вторых, в биохронную единицу включается целый комплекс статистических по своей природе феноменов: например, «больше – меньше» биомассы, «пики – спады» численности популяций и т. д. Эти статистические колебания лежат «в пределах нормы». Учитывая и прогнозируя эту вероятностно-статистическую динамику жизни биогеоценозов, можно управлять производством продукции: выбирать время, удобное для роста растений, которые ценны для нас своей биомассой (ботвой), а в другие соответствующие периоды выращивать растения, интересующие нас своими плодами и семенами.

Оценивая в целом пространственно-временной аспект организованности биосферы, мы должны признать, что временной аспект имеет решающее значение. Время, а не пространство является фактором формирования биосферных систем, пространство же выступает как необходимое условие развертывания и развития биосферных систем. Вот почему переход к работе с временным ресурсом биосферы, запаянным в ее организованности, составляет генеральную стратегическую линию развития взаимодействия человечества с биосферой. Мы же к освоению этого ресурса так еще толком и не приступили. Даже наоборот, опыт землепользования, накопленный многовековой практикой наших предков, оказался совершенно отброшенным в сторону.

Биосферное начало этносов

Мы забываем, повзрослев едва,
Что общим корнем связаны слова:
Народ, и благородство, и природа.
Игорь Киселев

В рамках общего глобального противостояния биосферы и человечества есть важнейшее промежуточное и посредствующее звено, от которого зависит нормальное существование биосферы и человечества.

Этим звеном являются этносы.

XX век оказался веком развала, разрушения этнической структуры человечества. Понятие «общечеловеческие ценности» стало вытеснять понятие этноса и этнической культуры, в которые в качестве обязательного компонента входит культура взаимодействия этноса с природой. Если раньше можно было говорить о некотором единстве общества и природы, то с развалом этносов образовалась дипольная система «Биосфера – Человечество».

Между тем этнос – совершенно особый, формирующийся столетиями и тысячелетиями механизм отбора и поддержания

генофонда человеческих популяций. Исчезновение этносов ведет к утрате этого важнейшего условия и механизма стабилизации человечества. Огромные, массовые миграции населения в нашем веке вырывают людей из природных условий формирования и существования этносов, к которым эти люди принадлежат. Нельзя не считаться с тем, что человек – биологическое существо, и для хорошего самочувствия ему нужна подходящая экологическая ниша. А экологическая ниша, говорил Н. В. Тимофеев-Ресовский, – это не место, куда можно спрятаться, а то, которое требует генетика.

С возникновением этносов формируются одновременно и моральные и нравственные нормы поведения людей, и моральный кодекс отношения к природе. Обе эти стороны являются взаимосвязанными сторонами не только духовной, но и экономической и бытовой культуры этносов.

Сущность этноса – не в панмиксии и не в изоляции тех или иных человеческих популяций, а в его единстве с природой. Изучая разнообразие и географическое распределение генофонда культурных растений, Н. И. Вавилов установил, что географическая локализация видообразования культурных растений в значительной мере совпадает с локализацией видообразовательного процесса, свойственного флорам всего земного шара. «Географическая локализация первичных очагов земледелия, – отмечал он, очень своеобразна. Все семь очагов приурочены преимущественно к горным тропическим и субтропическим областям. Новосветские очаги приурочены к тропическим Андам, старосветские – к Гималаям, Гиндукушу, горной Африке, горным районам средиземноморских стран и к горному Китаю, занимая в особенности предгорные области. В сущности, только узкая полоса суши земного шара сыграла основную роль в истории мирового земледелия». В то же время, писал он, «горные тропические и субтропические районы представляют оптимальные условия для заселения их человеком. Первобытный человек боялся влажных тропиков с их буйной растительностью, с тропическими болезнями, несмотря на то что влажные тропики с плодороднейшими землями занимают 1/4 всей суши земного шара. Он селился в основном по окраинам тропических лесов. Горные районы тропиков и субтропиков создавали наиболее благоприятные условия для первых поселенцев в смысле тепла, изобилия пищи, возможности жить без одежды. До сих пор в Центральной Америке и Мексике, также в горной тропической Азии человек использует множество диких растений. Не всегда здесь можно разграничить культурные растения от соответствующих им диких. Горный рельеф благоприятствовал жизни небольшими группами; с этой фазы начиналось развитие человеческого общества. Нет сомнений в том, что овладение огромными бассейнами, как Нижний и Средний Нил, Евфрат, Тигр, Инд, могло быть под силу только населению, объединенному в боль-

шие группы, что, естественно, могло иметь место в более поздние стадии эволюции человеческого общества»[1].

Мировые центры происхождения культурных растений, видообразования и формирования флористических комплексов представляют собой уникальное богатство целебных трав. Народный опыт давно подметил подчас решающую роль целебных трав в поддержании не только физического, но и психического здоровья населения. К сожалению, многое из этого опыта утрачено вместе с разрушением этносов. Мировые центры видообразования растений, находящиеся в горных районах, особенно подвержены воздействию природных стихий – землетрясений, обвалов, селей, града и т. п. К этим природным стихиям человек добавил социальные – войны, национальные распри, которыми оказалась так «богата» история этих регионов в XX веке. Разрывы бомб, снарядов и мин уносят с собой не только человеческие жизни, но и ценнейший генофонд растительного и животного мира этих регионов. Эти потери генофонда живого вещества до сих пор не учитываются.

С расселением человечества по планете происходит формирование новых этносов. История их появления довольно сложна и запутана, однако несомненно, что природные факторы оказали сильнейшее воздействие на формирование этносов. Замечательный ученый Л. Н. Гумилев выдвинул теорию о происхождении этносов «на стыке» различных географических ландшафтов. Здесь, в этих локусах, наблюдается наибольшая интенсивность и разнообразие жизни природы, здесь, говоря словами В. И. Вернадского, биохимическая деятельность живого вещества достигает максимального своего выражения. Интенсивность природной жизни оказывала благотворное влияние и на жизнь этносов, возбуждая в них повышенную активность. В формировании этносов огромную роль играет генетико-популяционная компонента. И здесь к месту рассказать о взаимоотношениях двух гигантов – Н. В. Тимофеева-Ресовского и Л. Н. Гумилева.

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):

Н. В. Тимофеев-Ресовский высоко ценил Л. Н. Гумилева и дружил с ним, но они расходились и занимали взаимонеприемлемые позиции в понимании некоторых генетико-популяционных аспектов этногенеза.

Я присутствовал при встрече Н. В. Тимофеева-Ресовского с Л. Н. Гумилевым и наблюдал столкновение их мнений: размышления Льва Николаевича не могли оставить меня равнодушным. В это время я занимался естественноисторическим исследованием эволюции опольных ландшафтов Центральной России. Книгу написал по этому вопросу. Николай Владимирович очень тепло относился к этой работе и интересовался ею. История русских ополий

---

[1] *Вавилов Н. И.* Избранные труды. М.;Л., 1965. Т. 5. С. 148 – 150.

– это ведь история русского народа. Это и история родной земли Николая Владимировича.

Любил он вспоминать о доброй традиции Русского географического общества, присваивавшего за заслуги ученым-географам вторую фамилию, например, П. П. Семенов-Тян-Шанский и т. д. «Тебе, Тюрюканыч, – говорил он, – по старым временам надо присвоить фамилию Тюрюканов-Опольский за твои работы в опольях России». Не правда ли, лестно это было слышать.

Многолетнее изучение ополий Центральной России и размышления о взаимовлиянии жизни почв и эволюции этносов позволили высветить ряд немаловажных закономерностей процесса этногенеза. О некоторых из них пойдет речь ниже.

Как только человек перешел к земледелию, он стал активно воздействовать на почву. Сначала это воздействие не было сильным не только из-за редкости населения, но и из-за маломощности вспашки. Освоение земель начиналось с южных и умеренных широт в долинно-дельтовых ландшафтах с их плодородными почвами. И очаги земледелия, приуроченные к этим ландшафтам, были локализованы. Поэтому у ранних цивилизаций, включая европейскую, не стояло проблемы заготовки кормов на зиму. Зимняя (нулевая) изотерма долгое время была невидимой границей, отделявшей земледельческие народы от охотничье-промысловых и скотоводческих племен. Начиная с середины I тысячелетия нашей эры возникновение и развитие сильного земледельческого племени славян обусловило преодоление невидимой термической границы, за которой лежали обширные земли Восточно-Европейской равнины и область больших проблем земледелия и животноводства. Необходимо стало заготавливать продовольствие и корма на зиму. Обратите внимание, читатель, что западная граница славян проходит по зимней изотерме 0°С. Германские и романские народы не переступили этого барьера на нашем континенте. За сравнительно короткое летнее время нужно было успеть и дом поставить, и заготовить корма, и вырастить урожай. Здесь нужна была взаимопомощь. Так природные условия продиктовали появление характернейших черт сельского населения России – концентрацию сельского населения по деревням и селам и общинный уклад жизни. Каждый летний и зимний день был довольно жестко расписан по видам выполняемых работ.

Реки – колыбель цивилизации. «Основной причиной зарождения и развития цивилизации являются реки», – писал Л. И. Мечников в своей книге «Цивилизация и великие исторические реки». На берегах рек человек находил благоприятную почву для земледелия, прекрасные заливные луга для пастьбы скота. Здесь он оседал, основывая поселения и города. Здесь формировалась национальная культура. По рекам растекался поток переселенцев. Как созвездия, рассыпаны поселения по речной сети. «Река, во всякой

стране, – говорил Л. И. Мечников, – является как бы выражением живого синтеза всей совокупности физико-географических условий и климата, и почвы, и рельефа земной поверхности, и геологического строения данной местности». Русло реки – нижняя граница ландшафта, по которому она протекает, объединяя сток поверхностных и грунтовых вод. Это место наиболее интенсивного взаимодействия потока водных и воздушных масс с горными породами. Рельеф местности и сезонные колебания климата придают речному ландшафту многообразный и постоянно изменчивый облик. Река дает то богатство красок, звуков, запахов и игры природных сил, без которого было бы невозможно появление цивилизации.

Велика роль рек, леса и степи в русской истории. Полезно напомнить, как замечательный исследователь отечественной истории В. О. Ключевский в 1903 году оценивал значение этих природных факторов в жизни русского народа.

Лес, писал он, «был многовековой обстановкой русской жизни: до второй половины XVIII века жизнь наибольшей части русского народа шла в лесной полосе нашей равнины. Еще в XVII веке западному европейцу, ехавшему в Москву из Смоленска, Московская Россия казалась сплошным лесом, среди которого города и села представлялись только большими или малыми прогалинами. Лес обстраивал его сосной и дубом, отапливал березой и осиной, освещал его избу березовой лучиной, обувал его лыковыми лаптями, обзаводил домашней посудой и мочалом... Лес служил самым надежным убежищем от внешних врагов, заменяя русскому человеку горы и замки. Само государство, первый опыт которого на границе со степью не удался по вине этого соседства, могло укрепиться только на далеком от Киева севере под прикрытием лесов со стороны степи... Несмотря на такие услуги, лес всегда был тяжел для русского человека. В старое время, когда его было слишком много, он своей чащей прерывал пути-дороги, назойливыми зарослями оспаривал с трудом расчищенные луг и поле, медведем и волком грозил самому и домашнему скоту. По лесам свивались и гнезда разбоя. Тяжелая работа топором и огнивом, какою заводилось лесное хлебопашество на пали, расчищенной из-под срубленного и спаленного леса, утомляла, досаждала. Этим можно объяснить недружелюбное или небрежное отношение русского человека к лесу: он никогда не любил своего леса. Безотчетная робость овладевала им, когда он вступал под его сумрачную сень. Сонная, «дремучая» тишина леса пугала его; в глухом, беззвучном шуме его вековых вершин чуялось что-то зловещее; ежеминутное ожидание неожиданной, непредвидимой опасности напрягало нервы, будоражило воображение. И древнерусский человек населил лес всевозможными страхами. Лес – это темное царство лешего одноглазого, злого духа-озорника, который любит дурачиться над путником, забредшим в его владение...

Степь, поле оказывали другие услуги и клали другие впечатления. Можно предполагать раннее и значительное развитие хлебопашества на открытом черноземе, скотоводства, особенно табунного, на травяных степных пастбищах. Доброе историческое значение южнорусской степи заключается преимущественно в ее близости к южным морям, которые ее и создали, особенно к Черному, которым днепровская Русь рано пришла в непосредственное соприкосновение с южноевропейским культурным миром; но этим значением степь обязана не столько самой себе, сколько тем морям да великим рекам, по ней протекающим... Но степь заключала в себе и важные исторические неудобства: вместе с дарами она несла мирному соседу едва ли не более бедствий. Она была вечной угрозой для древней Руси и нередко становилась бичом для нее. Борьба со степным кочевником, половчином, злым татарином, длившаяся с VIII почти до конца XVII века, – самое тяжелое историческое воспоминание русского народа, особенно глубоко врезавшееся в его памяти и наиболее ярко выразившееся в его былевой поэзии...

Так лес и степь действовали на русского человека двусмысленно. Зато никакой двусмысленности, никаких недоразумений не бывало у него с русской рекой. На реке он оживал и жил с ней душа в душу. Он любил свою реку, никакой другой стихии своей страны не говорил в песне таких ласковых слов, – и было за что. При переселениях река указывала ему путь, при поселении она – его неизменная соседка: он жался к ней, на ее поемном берегу ставил свое жилье, село или деревню. В продолжение значительной постной части года она и кормила его. Для торговца она – готовая летняя и даже зимняя ледяная дорога, не грозила ни бурями, ни подводными камнями: только вовремя поворачивай руль при постоянных капризных извилинах рек да помни мели, перекаты. Река является даже своего рода воспитательницей чувства порядка и общественного духа в народе. Она и сама любит порядок, закономерность. Ее великолепные половодья, совершаясь правильно, в урочное время, не имеют ничего себе подобного в западноевропейской гидрографии. Указывая, где следует селиться, они превращают на время скромные речки в настоящие сплавные потоки и приносят неисчислимую пользу судоходству, торговле, луговодству, огородничеству. Редкие паводки при малом падении русской реки не могут идти ни в какое сравнение с неожиданными и разрушительными наводнениями западноевропейских горных рек. Русская река приучала своих прибрежных обитателей к общежитию и общительности... Река воспитывала дух предприимчивости, привычку к совместному, артельному действию, заставляла размышлять и изловчаться, приучала чувствовать себя членом общества, сближала разбросанные части населения, приучала обращаться с чужими людьми, наблюдать их нравы и интересы, меняться товаром и опытом, знать обхождение. Так разнообразна была историческая служба русской реки...»

Так В. О. Ключевский описывал воздействие ландшафтной обстановки на формирование экономической, культурной, политической жизни и нравственного облика народов России. Смежные части Алаунского плоскогорья и центральной Московской котловины, образовавшие область Оки и верхней Волги, географически и этнографически стали центром народной жизни и народной обороны. Здесь же, в узловом пункте речной сети нашей страны, завязался и политический узел. «Государственная сила, обосновавшись в области истоков главных рек Русской равнины, естественно стремилась расширить сферу своего владычества до их устьев, по направлению главных речных бассейнов, двигая и население, необходимое для их защиты. Так центр государственной территории определился верховьями рек, окружность – их устьями, дальнейшее расселение – направлением речных бассейнов. На этот раз наша история пошла в достаточном соответствии с естественными условиями: реки во многом начертали ее программу».[1]

Особая роль в истории Центральной России принадлежит опольным ландшафтам как первым, а потому наиболее древним очагам земледельческой культуры. Высокое плодородие почв ополий издревле привлекало внимание человека, превратившего их в пашни.

Киев и Чернигов, Брянск и Калуга, Владимир и Суздаль и многие другие древние русские города возникли в опольях – этих хлебных житницах Древней Руси. Обладание опольными землями решало многие политические и экономическое проблемы прошлого. Неспроста Александр Невский отомстил новгородцам, изгнавшим его из Новгорода, тем, что перекрыл хлебную дорогу из Владимирского ополья, избрав своей резиденцией Переславль-Залесский.

Владимирское ополье – район древнейшего поселения и культуры. Выгодное расположение среди больших судоходных рек, относительная разреженность лесов, обилие влаги, сравнительно плодородные почвы обусловили раннее развитие здесь земледелия, сделавшего впоследствии этот край житницей Ростово-Суздальского и окружающих княжеств. С давних пор здесь также развивалось животноводство, для которого большим подспорьем служили богатейшие луга.

Мещовское ополье в Калужской области (родина Н. В. Тимофеева-Ресовского) издавна заселяли славянские племена вятичей, живших в бассейнах рек верхней Оки, Угры, Жиздры и их притоков. В первом тысячелетии до нашей эры основным занятием славян-вятичей было скотоводство (преимущественно разведение лошадей), которое дополнялось земледелием, рыбной ловлей и охотой. Примерно в V – VI веках нашей эры земледелие стало ведущим направлением в хозяйстве славян-вятичей. Одновременно

---

[1] *Ключевский В. О.* Сочинения. М., 1956. Т. 1. С. 63 – 69.

изменялось и совершенствовалось гончарное производство, изменялся тип жилища, росли связи с племенами Прибалтики, Приднепровья, Причерноморья.

Под воздействием человека облик опольных ландшафтов значительно изменился. Сведение лесов, нарушение гидрорежима, несоблюдение рациональных агротехнических и агрохимических приемов, усиление водной эрозии почв изменяли природный вид ополий, направляя процесс их эволюции от исходного палеопойменного влажно-лугового состояния к лесостепному. Облик ополий все более изменялся и наконец в XIX – XX веках принял современный почти безлесный вид.

Ополья Центральной России отмечены народным гением, создавшим уникальные памятники Владимира, Суздаля, Юрьева-Польского и других городов. Памятники старины великолепны не только, да и не столько своей кладкой, материалом или пропорциями. Главное в них – их способность фокусировать на себе «душу» ландшафта. Вспомните, как среди пойменных лугов устья Нерли стоит очаровательная церковь Покрова, которой очень идет сравнение с девушкой, гуляющей среди луговых цветов и смотрящейся в прозрачную воду. А вдали, на высокой горе города Владимира стоит статный витязь в старинном шлеме – Дмитровский собор. И они видят друг друга, видят всю нашу славную землю вот уже 800 лет. И как бы говорят нам: «Люди, берегите нашу землю!» Ополья Центральной России – это материнское сердце страны. Так пусть же оно бьется бесперебойно и ритмично на радость и счастье потомкам.

Вся история науки о земле говорит нам: чтобы где-то преобразовывать природу, надо сначала изучить ее. Главная сила человечества – это его знания, а не киловатты, тонны или рубли. Вот почему хочется пожелать не торопиться «преобразовывать» ландшафты, ибо знаем мы о них крайне мало, а лучше, полнее их изучать, стремясь сначала восстановить неразумно нарушенные связи в природе и лишь потом, приложив знания, начать сотрудничать с землей на взаимовыгодной основе. Далеко за примерами ходить не надо. Великий «сталинский» план преобразования природы начался со строительства Волго-Балтийского канала, который нанес мощный удар по историческому и этнографическому центру страны. Рыбинское водохранилище затопило огромнейшую площадь плодороднейших лугов, которые издавна давали знаменитые вологодские масло и сыры. Были разрушены сотни деревень, сел и городов; их заменили лагеря с заключенными. А затем строительство каскада мощных гидроэлектростанций на Волге окончательно добило волжскую пойму и рыбное хозяйство великой реки России. Но на этом дело не остановилось. Исторический и этнографический центр России подвергся еще одному испытанию: на водоразделе главных рек России, на пересечении геологических разломов Русской равнины была поставлена Кали-

нинская атомная электростанция. В случае аварии на станции радионуклиды, «расширяя сферу своего владычества», пойдут водным путем, которым шло расселение наших предков.

Как говорил К. Паустовский, «тороплив стал человек».

Нам нужно помнить, что человек в принципе – категория оседлая. Город разрушает тесную связь человека с природой. Пахарь – один на один с природой, он видит звезды, может наблюдать мельчайшие изменения, наступающие в природе. В городе нет звезд, бетонные коробки очерчивают пространство восприятия человека. Город иссушает эмоциональный мир людей и сужает их умственный кругозор. «Любимая пища города – мозги человека», – писал Максим Горький.

Вместе с научно-техническим прогрессом расширяется представление земледельца о том мире, в котором он живет, но одновременно происходит и утрата тесного контакта с землей. Еще совсем недавно, в начале века, сеятель шел по полю, вручную разбрасывая семена. Вручную пропалывал картошку, жал созревший хлеб и косил траву. Медленно двигаясь по полю, он успевал приметить каждое растение. Если нужно, мог остановиться и внимательнее рассмотреть то, что его заинтересовало.

Наши прадеды пешком ходили в окрестные села и хорошо знали лишь близлежащие поля. Поездка на телеге в город была большим событием. Исследуя черноземы, В. В. Докучаев более 10 тысяч километров прошел пешком или проехал на телеге. При такой скорости передвижения можно было успеть заметить мельчайшие взаимосвязи почвы с произрастающими на них растениями.

С появлением машин скорость передвижения возросла. В город, на рынок, в лес за грибами, на рыбалку, на полевые работы – все время «на колесах». Теперь уже все мелькает перед глазами, и успеваешь только следить за поворотом дороги. Техника значительно расширила пространственный кругозор земледельца.

Но иначе обстоит дело с обзором «глубины веков». Хотя и расширяются наши знания об истории природы и человечества, однако в повседневной жизни восприятие времени сейчас даже более ослаблено, чем оно было у наших прадедушек и прабабушек. В наше время на глазах одного поколения неузнаваемо меняется местность, и на ней все труднее становится уловить «следы времен минувших». Дубравы, луга, болота живут веками, и наши предки могли наблюдать эту вековую жизнь и передавать наблюдения за этой жизнью от одного поколения к другому. Они воспринимали природу как единое целое. Их работа и повседневный быт всегда подстраивались к своеобразию природной обстановки, и эта единая жизнь с природой почиталась как незыблемое условие и стержень всей культуры.

Теперь же дети вырастают на асфальте и видят, как бульдозер безжалостно губит деревья, жившие еще при их дедушках и ба-

бушках. Они уже имеют дело не с природой, а с безликой «окружающей средой», в которой утеряны все исторические корни взаимосвязи человека с природой.

Отсюда проистекает забвение богатого опыта хозяйствования наших предков. Возможности, предоставленные природой, они умели использовать достаточно гибко и в достаточно полной мере. Вот как об этом рассказывает В. И. Турманина в своей интереснейшей книге «Растения рассказывают»: «Пока не будет найден путь решения судьбы мелких поселений, они пустуют, хотя многие из них могли бы похвастаться многовековой историей. Вокруг Москвы, например, существуют и поныне десятки деревень, отмеченные в грамотах первых московских великих князей, то есть с XVI века. Поля вокруг таких деревень невелики около 10 га. Люди испокон веков занимались наряду с сельским хозяйством различными промыслами, что типично для всего Нечерноземья. Если подсчитать объем продукции с полей таких деревень, то каждому станет ясно, что дешевле получить хлеб с огромных степных полей, да и любая продукция таких деревень себя не окупает. Но как учесть те продовольственные резервы, которыми дарит окружающая природа именно такие мелкие поселения, – огороды, рыба в прудах, лесные поляны с травами, веники, дрова, грибы, возможности для пчеловодства, садоводство, сбор ягод и орехов в лесах?

Большинство старых деревень расположено на возвышенных местах, имеют родниковую воду, окружены пашнями с веками удобрявшимися и хорошо окультуренными землями, на мелких речушках созданы пруды, а в целом эти мелкие селения так прочно слились с окружающей природой, что даже окрестные естественные растительные сообщества по многим показателям могут быть отнесены к культурным... Многовековой опыт общения с природой показывает, что только живя с ней по единым законам, чувствуя превратности погоды, «настроение» окрестных птиц и зверей, «беды» ягодных и грибных «угодий», можно удачно хозяйствовать на культурных пашнях»[1].

Разрушая исторически сложившуюся структуру сельских поселений, мы теряем те богатства, которыми одаривает нас природа. Природа разнообразна, а мы тупо требуем от нее лишь одного: «Даешь валовое производство зерна!» Разнообразие природных ландшафтов определяло разнообразие возникавших этносов. Только в их исторической культуре содержится накопленный веками опыт общения с разнообразной природной средой. Так глобальная и все обостряющаяся проблема «<Биосфера и Человечество» замыкается на проблеме этносов.

У современного человечества нет времени на создание новых этносов. Собирание евреев в Израиле или армян в Армении нельзя

---

[1] *Турманина В. И.* Растения рассказывают. М., 1987. С. 147 – 148.

рассматривать как этнический процесс. Это обычная миграция из диаспор на свою прародину.

Бережение этнического начала составляет сегодня главную цель человечества. Прав Д. С. Лихачев, а до него Н. К. Рерих и В. И. Вернадский, говорившие о необходимости бережения малых народов. Дорого обойдется человечеству откочевка в небытие малых народов. Это может привести к потере Великих неразгаданных тайн Жизни. В каждом этносе заключена великая Игра жизни.

Разнообразие и неоднородность – условие стабильного существования и биосферы, и человечества. В сохранении разнообразия и неоднородности заключается одна из важнейших предпосылок решения проблемы «Биосфера и Человечество». В случае биосферы (точнее, витасферы) это разнообразие определяется существованием биогеоценозов и их различных объединений. Для почв оно заключается в комплексности почвенного покрова. Стабильность человечества зависит от наличия разнообразных развитых этносов. Иначе говоря, разнообразие, или неоднородность, систем является одним из основных ее системообразующих и стабилизирующих факторов. Подобно другим наукам, базирующимся на естественноисторическом методе, проблема этносов также все в большей степени начинает охватываться методами исторической географии, включающей в себя историю и эволюцию конкретных ландшафтов, антропологические и генетические характеристики населения, лингвистические и иные аспекты. Приятно было услышать, что в Петрозаводске состоялась 1-я конференция по исторической географии ландшафтов. Сейчас говорят о трех направлениях в науке и практике, название которых начинается с буквы «Э» – экология, экономика, энергетика. Если следовать за этим ассоциативным мышлением, то не нужно забывать о другом трехкратном «Э» – этнология, этология и этика. Этим будет достигнута полнота восприятия проблемы «Биосфера и Человечество».

В нашей книге шла речь и о глобальной проблеме «Биосфера и Человечество», и об элементарной биохорологической единице биосферы. Теперь же, замыкая проблему «Биосфера и Человечество» на проблему этносов, целесообразно, на наш взгляд, ввести понятие *основной единицы* биосферы как единицы, подлежащей человеческому *управлению*. Это – та единица, через которую реализуется взаимодействие человечества с биосферой. Такой основной единицей является этнос. Этнос соединяет историю людей с историей биосферы. Основная единица биосферы – это единство памяти этносов и памяти ландшафтов. Здесь, в этой основной единице, завязывается узел пространственно-временных отношений человечества с биосферой. Здесь объединяются биологическое и духовное великие начала человечества. Оба эти начала оказались в нашем веке вовлеченными в необузданную стихию насилия. Освобожденные от насилия, они выйдут на самостоятельный путь раз-

вития и выведут человечество к мудрости и научной мысли, как ее понимал В. И. Вернадский.

Путеводными маяками человечества служат великие натуралисты и гуманитарии, путешественники и миссионеры нашего века – В. И. Вернадский, Тейяр де Шарден, Н. К. и Е. И. Рерихи, Ганди, А. Швейцер, Ф. Нансен и многие другие. В генетико-психологическом типе этих личностей всегда жила Великая Троица – Добро, Истина и Красота.

Такой путеводной звездой для человечества является Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, и нам хотелось, завершая книгу о нем, рассказать о последнем, прощальном свидании с ним. Уходя от нас, он завещал сосредоточить внимание на теме «Биосфера – Этнос – Человечество».

Из моих дневников (А. Н. Тюрюканов):
Николай Владимирович был, при всем его темпераменте, не только законопослушным, но и удивительно честным пациентом медицины. Особенно он чтил врача-кардиолога Василия Михайловича Боголюбова и замечательную женщину Маргариту Николаевну Лыскову.

Перед самой кончиной Николая Владимировича, за несколько недель, мы, друзья, договорились не утомлять его и всегда посещать. До всех дошло, что самое тяжелое для него – это табун нашественников, который обычно бывает в доме. Эта договоренность, к чести посетителей дома Тимофеевых-Ресовских, соблюдалась.

Николай Владимирович лежал в Обнинске, в клинике Института медицинской радиологии, в отдельной палате, под наблюдением великой женщины России, врача Маргариты Николаевны.

Перед моим последним посещением Николая Владимировича у него был Юра Богданов. Добрый, благочестивый Юрочка Богданов, выполняя договор друзей, рассказывал ему нечто молекулярно-генетическое. Поздно вечером Юрий Федорович вернулся в Москву. Я позвонил ему (наутро я должен был ехать) и в ответ услышал: «Николай Владимирович плох. Я ему рассказывал о последних открытиях молекулярной биологии, и он, обессиленный, скоро заснул. Я вежливо удалился. Настроение у меня – предельно плохое: как будто я простился...»

Утром с Киевского вокзала я поехал в Обнинск. В дороге все было спокойно. Но по пути от станции до клиники безмерная тяжесть погребала меня. Дошел до палаты № 24 и, к счастью, увидел родного отца, который спросил:

– Привет, Тюрюканыч, что нового? Я, кажется, плох. Вообще Маргарита Николаевна обо мне заботится.

– Николай Владимирович, по-человечески, чем помочь? Я все сделаю.

– Не надо мне ничего, дорогой Тюрюканыч. Мне уж все равно конец. Что нового у тебя? Я волнуюсь.

– А что волноваться. Статья у меня выходит интересная.

– Что ты там накропал?

– Вот с Колей Костенчуком статью написали о том, что эндемичность окской флоры не есть загадка века, а следствие татарского нашествия.

– Любопытно. Ну и что вы придумали с твоим этим Костенчуком?

Дальше шел пересказ статьи...

– Да, черти, здорово. И что же, Тюрюканыч, вы доказательства тому имеете?

– Николай Владимирович, спорно, но кому-то это надо было сказать. Первый сказал Костенчук, я присоединился. Мне кажется, это в нашем духе.

– Я тоже думаю, что это правдоподобное решение. У нас сейчас никто всерьез исторически не соображает. Вот я в Европе прожил многие годы. О каждом угольке и деревяшке немцы пишут целые хандбухи. А у нас же на Русской равнине археология богатейшая. Надо нашим людям знать историческую географию нашей страны.

Беседа длилась три часа. Николай Владимирович был активный собеседник.

– Да, Тюрюканыч, вот то, что ты рассказывал, и довольно красиво, это и есть серьезность науки. А то вчера у меня был Юрка Богданов, начал рассказывать про какие-то молекулярные достижения. Я решил заснуть, и он вежливо удалился. Ты давай, Тюрюканыч, продолжай этим заниматься. Понимаешь, это очень интересная линия – историческая география. Историческая география природы и наложение на нее этносов – это интересная, но сложная штука. Ты же помнишь, как мы спорили с Гумилевым... Тюрюканыч, я, кажется, выдохся. Ты иди. Жалко мне тебя.

– Николай Владимирович, почему же жалко-то? Я ведь здоров, как бугай.

– Да нет, жалко все равно. Я ведь сейчас уйду к Лелечке, а ты остаешься.

– До Лелечки тебе еще далеко, дед. Маргарита поправит тебя.

– Нет, Тюрюканыч, она бессильна. Жалко тебя. Ведь ты увидишь развал того, что столетиями делали русские ученые, великие деятели. Прости, Тюрюканыч. Я ухожу...

Смерть его принял искреннейший русский человек Коля Горбушин 28 марта 1981 года.

Я рассказал о своей последней встрече с Николаем Владимировичем. Этот последний разговор с ним память хранит до мелочей, и поэтому – да простит мне читатель сентиментальность – я не мог не привести здесь, в конце этой книги, ту самую научную статью, о которой я рассказывал Николаю Владимировичу в минуты прощания и которая так возбудила его натруженный, уже уставший мозг. А еще я лелею другую тайную мысль – уж больно хочется верить, что кто-то из молодого поколения читателей увле-

чется исторической географией – увлекательнейшей из всех известных мне наук. В добрый час. Напомню только, что статья эта написана вместе с моим учеником, Николаем Арнольдовичем Костенчуком. Здесь приводится последний доработанный вариант.

Н. А. Костенчук, А. Н. Тюрюканов

Влияние природы и населения Великой Степи на современные ландшафты Российского Нечерноземья

(К вопросу о происхождении феномена Окской флоры)

Принято воспринимать биогеоценологию как естественноисторическую дисциплину, законы которой не вполне применимы к территориям, нарушенным человеком. Очевидно, что в условиях искусственных экосистем – как, например, на землях, занятых сельскохозяйственными и лесными культурами, – сказывается недостаток времени для формирования целостных природных систем – биогеоценозов, отличительная черта которых – стабильность во времени при относительно неизменных климатических условиях. Стабильность биогеоценозов не исключает развития как отдельных их компонентов (фито-, зоо- и микробоценоза, почвы и т. д.) так и биогеоценоза в целом, однако это происходит при сопряженной «работе» целостной системы и не вызывает разлада между компонентами, связанными единой причинно-следственной цепью явлений в процессе трансформации вещества и энергии (Сукачев, 1964).

По существу, во всех работах, посвященных вопросам развития сообществ организмов на преобразованных (нарушенных) человеком территориях, анализируются кратковременные результаты нарушений биогеоценотического покрова Земли и его реакции на замену части естественных отдельных составляющих биогеоценоза на искусственные (Тимофеев-Ресовский, Тюрюканов, 1966).

Так обстоит дело при акклиматизации отдельных видов организмов, механическом создании почв при рекультивации земель, в промышленной ботанике и т. д.

Другими словами, преобладает узкоэкологический подход к решению биогеоценологической проблемы, который нельзя признать правильным, о чем многократно писал В. Н. Сукачев (1949 и др.), отмечая различия между понятиями «экосистема» и «биогеоценоз». Но именно биогеоценологическому, а не экологическому методу принадлежит будущее в научно-обоснованном сохранении зеленого лика Земли.

В настоящем сообщении в связи с проблемой происхождения Окской флоры рассматриваются возможности формирования ус-

тойчивых биогеоценозов, созданных перемещением выработанных, т. е. сложившихся в результате естественного отбора устойчивых к совместному произрастанию и размножению растений-«соседей», естественных растительных сообществ.

Вопрос об Окской флоре как особом явлении был впервые сформулирован профессором Московского университета Н. Н. Кауфманом (1866). Пытаясь объяснить внезапное изменение характера растительности в долине р. Оки, знаменовавшееся появлением целого ряда видов растений, свойственных югу России и не встречающихся к северу от р. Оки, в остальной части Московской губернии, Н. Н. Кауфман высказал предположение о заносе семян большинства этих видов растений течением р. Оки из более южных районов, где река берет свое начало. Однако впоследствии оказалось, что многие виды растений, придающих Окской флоре особенный, южный, степной характер, в верховьях р. Оки не произрастают.

Ф. И. Рупрехт (1866) полагал, что степные растения Окской флоры непосредственно связаны в своем распространении с границами т. н. «Черноземного материка» (обширного ареала Центральной России, в котором преобладают черноземновидные почвы и классический русский чернозем), куда входят прилегающие к р. Оке пойменные земли и поэтому, как полагал Ф. И. Рупрехт, они служат, как и чернозем в истинно степной зоне, превосходным субстратом для обнаруженных в среднем течении р. Оки видов «черноземной флоры».

Д. И. Литвинов (1890) выдвинул гипотезу (которую почти безоговорочно принимает большинство современных ортодоксальных флористов) о существовании в эпоху последних крупных оледенений вдоль южных границ ледника, в частности, по Оке, сосновых лесов с развитой под их разреженным пологом богатой видами степной флорой, сохранившейся до наших дней. Позднее, в 1895 г., анализируя видовой состав флоры долины р. Оки в пределах Московской губернии, он же высказал предположение, что Окскую флору надо считать остатком (реликтом) древней доледниковой или ледниковой флоры этих мест (Литвинов, 1895).

Г. И. Танфильев нахождение на р. Оке степных растений объяснял тем, что будто бы доисторические степи прежде доходили в своем распространении на север до берегов р. Оки, где степные растения сохранились до сих пор благодаря почвам, богатым углекислой известью, тогда как южнее, по мере выщелачивания лессовых почв атмосферными водами, эти виды растений должны были исчезнуть, уступив место лесам (Танфильев, 1953).

В. И. Талиев (1897) считал, что современное безлесие степей – дело рук человека, распахавшего значительную часть ранее покрытой лесом территории. Он недвусмысленно высказывался о заносе степных форм на р. Оку и преимущественно человеком (семена могут распространяться птицами и другими видами миг-

рирующих животных. – *Прим. авт.*) в относительно недавнее, исторически обозримое время в результате хозяйственной и военной деятельности. Именно В. И. Талиев впервые и справедливо поставил вопрос о необходимости считаться с фактором человека при анализе особенностей растительного покрова местности.

В пользу заносного характера Окской флоры выступал А. Ф. Флеров (1908), придававший, вслед за В. И. Талиевым, особенно значение перевозкам в последние столетия различных товаров по воде и льду рек, в том числе сена с сенокосных угодий в селения через р. Оку.

Однако исторически документированные точки зрения В. И. Талиева и А. Ф. Флерова, – как нам кажется, очень важные и продуктивные для познания истории расселения и современного формирования растительного покрова, – были в свое время подвергнуты резкой критике со стороны довольно известных авторов (Г. И. Танфильев, Д. И. Литвинов, П. А. Смирнов и др.), отстаивавших доисторический «реликтовый» характер растительности в долине р. Оки. Использование термина «реликтовый» долгие годы придавало как бы дополнительную весомость, «академичность» любому труду в этой области. Указанные гипотезы все еще имеют распространение, поэтому им необходимо уделить внимание при дальнейшем обсуждении.

Так, взгляды Д. И. Литвинова на протяжении более полувека развивал и всегда отстаивал П. А. Смирнов, один из замечательных и старейших исследователей феномена Окской флоры, существенно пополнивший список входящих в нее видов и показавший, наконец, сам того не желая, ее географическую (а, следовательно, и естественноисторическую! – *Авт.*) гетерогенность. Он небезосновательно считал, что Среднерусская возвышенность исстари была флористически значительно богаче окружающих ее низин и является в известной степени центром, сохранившим различные по возрасту и происхождению так называемые «горные типы» растений (термин Д. И. Литвинова), приуроченные по своему изначальному местоположению (естественная экологическая ниша) к выходам известняковых горных пород, которыми изобилует возвышенность в местах ее рассечения древними водотоками. Влияние этого центра расселения растений, по П. А. Смирнову, распространяется на ряд пограничных с возвышенностью районов и, в частности, на Окскую долину в Московской области. Формирование так называемой Окской флоры в Московской области, по мнению ученого, теснейшим образом связано с наличием основного очага этой растительности на Среднерусской возвышенности, так как «значительная часть ее не была покрыта ледником и могла таким образом сохранить доледниковые и ледниковые типы, частью дошедшие до нас... in situ, частью на новых местах на прилегающих территориях, близ границы ледника, и заселенных по его отступлении» (Смирнов, 1940). Рассматривая

характерных представителей флоры в сосняках приокских террас – таких, как *Veronica incana L.*, – П. А. Смирнов отмечал, что «готов признать в лице *Ver. incana* наших мест растение древнейшего ледникового типа – спутника лиственничной тайги, покрывавшей когда-то наш край, во времена, следуемые непосредственно за отступлением днепровского ледника. В свиту этих спутников входили: *Carex obtusata Liljebl., Cardamine tenuifolia Turcz., Ligularia sibirica Cass., Draba sibirica (Pall.) Thell., Cortusa Matthioli L., Hedisarum alpinum* и др. виды. Особые условия окской и москворецкой долин позволили им дожить до наших дней» (Смирнов, 1958, с. 193).

По-видимому, согласны с этой гипотезой и авторы коллективной монографии по флоте Рязанской Мещеры (отв. ред. В. Н. Тихомиров, 1975), рассматривающие Среднерусскую возвышенность как источник, за счет которого флора этого района обогащалась лесостепными и степными элементами (видами растений. – *Прим. авт.*) растений с юга по древним и современным долинам рек.

Насколько достоверно предположение, что Среднерусская возвышенность не затрагивалась деятельностью ледника? Могла ли она сохранить так называемые горные типы в ледниковый и, тем более, в более поздний, и также достаточно длительный периоды?

Данные по новейшей тектонике Русской платформы (Мещеряков, 1965), а также почвенно-биогеоценотоические исследования в Окском бассейне А. Н. Тюрюканова и Т. Л. Быстрицкой (Тюрюканов, Быстрицкая, 1971) свидетельствуют о том, что начало образования современных ландшафтов Русской равнины приурочено ко времени таяния ледникового покрова эпох Днепровского, Московского и Валдайского оледенений. В эти периоды на Русской равнине преобладал палеопойменный режим со своеобразным холодным гидроморфизмом почв. По существу, большая часть перигляциальной (т. е. прилегающей к леднику. – *Прим. авт.*) области была водно-аккумулятивной равниной, наносы которой формировались широко разливавшимися палеореками послеледниковой эпохи, и Русская равнина представляла собой великую аллювиальную, точнее, палеопойменную территорию сначала тундрового (лесотундрового), а позднее – лесо-лугового характера. Дальнейшая эволюция ландшафтов определялась нарастанием теплового гидроморфизма, лесолуговым почвообразованием и переходом к режиму сухопутно-наземного существования.

Послеледниковый характер эволюции ландшафтов обусловлен понижением базисов эрозии в результате новейших тектонических движений и врезания гидрографической сети, общим потеплением климата по мере отступления ледника на север, нарастанием «биогенности» ландшафтов и другими событиями, начало которых следует относить ко времени прорыва Босфора, т. е. к 11–13 тыс. лет до настоящего времени. Такая схема развития ландшаф-

тов Русской равнины не позволяет предполагать обособления Среднерусской возвышенности от остальной части равнины ни в ледниковую эпоху, ни в более поздний (но – до прорыва Босфора) периоды. Наоборот, она дает возможность полагать, что Среднерусская возвышенность возникла относительно недавно.

В свете изложенного, гипотеза о «реликтовом», доледниковом характере комплекса Окской флоры вызывает большие сомнения. Вряд ли Среднерусская возвышенность могла быть ледниковым рефугиумом современной Окской флоры. Даже если принять во внимание ее относительное богатство степными видами в настоящее время. Тем более проблематично сохранение без существенных изменений комплекса Окской флоры от доледниковой эпохи до наших дней. При попытке доказательства этого мы столкнулись бы с необходимостью объяснения сверхъестественной устойчивости одного и того же растительного комплекса при различных климатах и иных естественноисторических и, тем более, разных исторических условиях (воздействие аборигенных резко различающихся цивилизаций и далеко не идентичных культур.

Если отказаться от идеи доледникового или ледникового генезисов Окской флоры, то остается исследовать возможности, которые даст теория заноса генетического материала (возникновение т. н. «адвентивной» флоры).

По А. Ф. Флерову (1908), в период весеннего половодья на р. Оке возможен занос растительных зачатков с помощью льдин, на которых за зиму скапливается значительное количество всевозможного сора, в том числе остатков растений и семян после зимней перевозки крестьянами сена и т. п. грузов, а также перенос (отрыв) растений с комом земли при движении припайных льдов и сдирания слоя почвы с растениями с берегов реки во время ледохода. При последующем таянии льдин в местах с отсутствием течения или после спада уровня паводка принесенные таким образом зачатки растений могут укореняться, а семена прорастать. Это явление, а также занос растений и их семян непосредственно водами рек играют существенную роль в формировании береговой флоры.

Однако такому истолкованию противоречит высказывание Д. И. Литвинова, утверждавшего, что перенос водами рек «в отношении к группе степных растений едва ли имеет серьезное значение в образовании колоний их у вторых берегов (т. е. в условиях т. н. «высокой поймы», где сосредоточено большинство находок «Окской флоры». – *Прим. авт.*). Результатом такой деятельности воды должно быть большое однообразие береговой флоры реки на всем ее протяжении, чего мы, однако, не видим» (Литвинов, 1895).

Анализ южных форм, входящих в состав флоры долин рек, особенно текущих с севера на юг, из лесной зоны в зону степей, показал, что большинство этих растений каким-то образом долж-

но было бы распространиться против течения, т. е. из районов, лежащих в низовьях рек. Если нахождение «степняков» на р. Оке в Московской области приписывают заносу их рекой с юга, от истоков, то относительно ярославских берегов р. Волги этого уже нельзя допустить, так как обнаруживаемые и там южные формы растений могли проникнуть туда только с низовьев реки.

Имея в виду длительное естественноисторическое расселение флоры в связи с отступлением края ледника, Д. И. Литвинов писал: «Оттуда же, и вообще с низовьев рек, распространились они (степные формы растений, или «горные типы». – *Прим. авт.*) и по Окской долине» (Литвинов, 1895). Мы полагаем, что именно так, по-видимому, обстоит дело не только на рр. Волге и Оке, но и на рр. Вятке, Илети (Космовский, 1890), Мологе, Москве, Клязьме и др. реках Центральной России.

Объяснить этот феномен можно было бы деятельностью ветра, животных (например, птиц) и, наконец, человека (Кожевников и Цингер, 1880; Талиев, 1897; Флеров, 1908; Цинзерлин, 1932; и др.).

Однако гипотезы, использующие теорию переноса растительных зачатков или их семян на большие расстояния с дальнейшим их закреплением в конкретном месте, не были достаточно подкреплены фактическим материалом и настолько разработаны, чтобы успешно соперничать с романтической гипотезой древнего реликтового происхождения Окской флоры. К тому же основанием для утверждения «реликтовой» гипотезы послужили известная изолированность колоний Окской флоры и, наряду с этим, видовое богатство («биоразнообразие»), значительная численность и, как ни странно, географическая разнородность слагающих ее элементов (Скворцов, 1969; Данилов, 1983).

Уже в прошлом веке было установлено, что наибольшим видовым богатством береговая флора р. Оки «отличается именно на московском участке, приблизительно между городами Тарусой и Коломной. Несмотря на то, что здесь Ока далее, чем в соседних губерниях, подается своим течением к северу, только на этом участке были найдены южные формы, неизвестные нигде по остальному ее течению» (Литвинов, 1895).

Характерная особенность Окской флоры – не диффузное распыление по территории (по долине р. Оки) входящих в нее южных видов (в основном представителей луговой степи черноземной области), а образование ими более или менее компактных группировок в пределах небольших локализованных участков – так называемых «степных колоний», четко приуроченных к определенным элементам долинного ландшафта: это либо выходы известняков по коренному (правому) берегу р. Оки, с дубравным лесом, либо притеррасовые участки верхней поймы и окружающие их разреженные сосняки на левобережье. При этом отдельные представители могут выходить за пределы

колоний и встречаться на значительном расстоянии от основной колонии - как правило, это редкие находки, на поиски которых затрачены десятилетия (Смирнов, 1958).

Существующие очаги средоточения Окской флоры по видовому богатству можно классифицировать следующим образом (Скворцов, 1969).

Лишь два из них – в окрестностях сел Лужки, Никифорово (Серпуховский р-н Московской обл.) и Белые Колодези (Коломенский р-н Московской обл.) – можно отнести к основным, первостепенным. По мнению В. Н. Тихомирова (Тихомиров, 1969), сюда следует также включить окрестности пос. Белоомут и дер. Коробчеево.

Второстепенными очагами можно считать Тарусский (от низовьев р. Скниги до с. Велегож) и Каширский (места против сел Баскачи и Б. Кропотово, выходы известняков ниже дер. Тарбушево).

Остальные местонахождения элементов южной, степной флоры по рр. Москве, Осетру, Клязьме и др. можно бы называть третьестепенными (по видовому разнообразию и степени выраженности колоний среди аборигенной растительности).

Однако, по нашему мнению, для выяснения вопроса о путях и причинах успешного расселения «степняков» и других, экзотических для коренной зональной растительности форм, более или менее часто встречающихся в составе основных колоний Окской флоры или в их окружении, и возникновение которых в данной местности не совсем ясно, все местонахождения следует считать первостепенными, так как они трассируют основные пути миграции видов, демонстрируя оптимальные географические и экологические условия своего выживания на новом месте и ближе подвигают нас к решению загадки о происхождении феномена Окской флоры.

Наибольшую «степистость» флоры и растительности в долине средней Оки П. А. Смирнов (Смирнов, 1925) наблюдал в степной колонии у с. Лужки Серпуховского уезда, в заливной части долины с рельефом из денудированных (сглаженных) послеледниковых барханов, составляющих одно целое с барханами надлуговой террасы, закрепленными сосновым бором – сосняком зеленомощным ландышевым (Костенчук, Шахова, 1979). На этом участке (названном впоследствии Лужковской колонией Окской флоры) в так называемых «Долах», он выделил *ассоциации* с участием «степняков» – видов степной, преимущественно лугово-степной, флоры. В. И. Данилов (1983) выделил в Долах 139 ассоциаций степного типа, занимающих площадь 10 га или 28% от всей площади урочища. К ним относятся 25 ассоциаций с эдификаторами *Prunus fruticosa*, 29 – *Festuca valesiaca*, 8 – *Stipa pennata*, 18 – *Phleum phleoides*, 20 – *Carex praecox*, 14 – *Carex obtusata* и др. Устойчивости типчаковых, перистоковыльных и других степных ассоциаций может способствовать более раннее (на 7–10 дней) наступление

максимумов цветения растений, чем у соседствующих здесь же обычных луговых видов (Данилов, 1983).

Поскольку Лужковская колония в долах наиболее богата степными видами, вопрос о ее происхождении можно считать ключевым для познания проблемы Окской флоры в целом.

Флоро-географический анализ степных фитоценозов по типам их ареалов, проведенный В. И. Даниловым, показал, что эти растительные сообщества имеют до 84% понтийско-сарматского элемента, из которых до 18% видов имеют также распространение в Средиземноморье и Средней Европе (Данилов, 1983). Последнее обстоятельство и *наличие в составе флоры явных «ореофитов» – таких, как Draba sibirica, Carex obtusata* почему-то заставило автора отвергнуть возможность юго-восточного пути и антропогенного характера происхождения Окской флоры, хотя первые вполне могли либо распространиться с верховьев рек бассейна верхней Оки (юго-западный занос), либо вообще все они распространились изначально на запад *из Сибирских просторов* – через Долы в том числе. О Carex obtusata Liljebl. П. А. Смирнов сообщает, что осока притупленная в Лужковской колонии Окской флоры «...держит себя как сухолюбивое растение... произрастая всегда в сопровождении степняков и будучи весьма распространенным [растением] на разнотравно-типчаковых и частью типчаковых степных лугах». Она очень обычна в узкой боровой полосе, насыщенной степняками, но уже выше линии разлива, встречаясь в мшистых и травяных борах, иногда со значительной примесью кустарников – дрока (*Genista tinctoria)*, ракитника (*Citisus ruthenicus*), вишни (*Cerasus fruticosa*) и бересклета (*Euonimus verrucosa*). «Кроме Лужков, *C. obtusata* обнаружена мной в 1923 г. в Никифоровской колонии, в сходной обстановке и также в огромном количестве... Лужковское и Никифоровское местонахождения *Carex obtusata* являются пока единственными для всей Средней России. *Carex obtusata Liljebl. являются типичным континентальным, именно, восточносибирским видом* (выдел. нами. – *Авт.*), связанным с лиственничными формациями, и его можно рассматривать, наряду с *Cardamine tenuifolia Turcz.* (этот вид сердечника найден на левобережье р. Оки близ с. Тарбушево А. К. Скворцовым. – *Прим. П. А. Смирнова*) в качестве древнейшего аборигена московской Окской флоры реликта ледникового времени. Никакого отношения к черноземным степям Русской равнины это растение не имеет» (Смирнов, 1958, с. 101-102, 148).

О незначительном возрасте «Долов» Приокско-Террасного заповедника как урочищ со степной растительностью свидетельствует почвенный профиль «днища дола» (Фирдланд, 1949), а также смещение максимума особей наиболее характерных представителей степных ценопопуляций (*Stipa pennata* – ковыль перистый) на наиболее молодую генеративную группу, по сравнению с Наурзумским и Центрально-Черноземным заповедниками, и со-

вершенно несходная со степной смена красочных аспектов в период весеннего цветения (Данилов, 1983), что, однако, можно связать и со сравнительно более влажным и холодным климатом юга Московской области.

В почвенном разрезе дола В. М. Фирдландом была обнаружена дерновая, сильно подзолистая почва, сформировавшаяся на флювиогляциальных (водно-ледниковых) песчаных отложениях, погребенная современным глинистым (лессовидным) аллювием р. Оки. Мощность современного почвообразующего слоя над погребенной почвой составила 19 см. Наружный слой почвы богат гумусом, имеет тяжелосуглинистый механический состав и характеризуется зернистой и зернисто-комковатой структурой – это почвы так называемой зернистой поймы р. Оки.

В прежние (отдаленные от нас, как минимум, на сотни лет) времена здесь, судя по строению почвенного профиля, был сосновый или даже дубовый лес, вероятно, произраставший при ином режиме затопления пойменных участков (Долы при этом не затоплялись).

По данным А. С. Керженцева и С. Н. Клеваник (Институт почвоведения и фотосинтеза РАН), степные фитоценозы (типчаковые, перисто-ковыльные, вишарниковые и др.) обычно приурочены к дерновым оподзоленным супесчаным и дерновым среднесуглинистым, насыщенным основаниями почвам зернистой поймы с высоким содержанием гумуса (6–12%), преобладанием в поглощенном комплексе горизонта А1 кальция над магнием и, реже, к более бедным незатапливаемым в настоящее время дерново-подзолистым почвам высоких песчаных гряд и останцов, образованных древнеаллювиальными отложениями пра-Оки. Местообитания степных фитоценозов в приопушечной полосе склонов долов южных экспозиций получают суммарную солнечную радиацию, соответствующую широте Курска – Воронежа. Этот повышенный радиационный баланс благоприятствует обитанию здесь степных растений (Данилов, Керженцев, Клеваник, 1981). Повышенный уровень радиационного баланса в зонах сосняков с низкой полнотой древостоя также обеспечивает условия для произрастания ряда представителей Окской флоры более южного происхождения (Костенчук, 1982; Костенчук, 1986).

Современное безлесие днищ Долов Н. А. Солнцев (Солнцев, 1950) объяснял, во-первых, длительным застоем вешних вод, отрицательно влияющим на всхожесть семян древесных пород, и, во-вторых, традиционным периодическим (а в последние десятилетия – ежегодным) сенокошением, причем не только в целях заготовки кормов, но и для искусственного предотвращения зарастания этих участков древесно-кустарниковой растительностью. Естественному возобновлению леса в Долах препятствовала также распашка территории в 1920–30 гг. под сельскохозяйственные культуры (Смирнов, 1958).

По образному выражению Н. А. Солнцева, Долы – это естественные отстойники мутных полых вод, и их характерным признаком является отложение исключительно мелких илистых частиц, приведшее к формированию особых почв зернистой поймы. Зная среднемноголетнюю периодичность затопления долов вешними водами р. Оки и толщину слоя откладываемого в долах слоя ила (наилка), можно приблизительно определить период, в течение которого и сформировался верхний слой над обнаруженной здесь В. М. Фирдландом погребенной почвой. Наличие этого слоя, наряду с обильным его весенним увлажнением, привело к возможности укоренения здесь богатой по видовому составу травянистой растительности, в том числе и по периферии долов.

Для расчетной оценки вероятного периода существования колонии Окской флоры в урочище «Долы», в апреле–мае 1979 г. (в работе принимал участие Н. А. Костенчук) мы произвели замеры слоя илистого осадка, поступившего на поверхность почвы во время весеннего разлива вод р. Оки. <...>

Толщина выпавшего на днище дола слоя ила составила около 1 мм. Наши определения совпадают с оценками Р. А. Еленевского (1936), установившего, что ежегодная толщина наносов в центральной пойме р. Оки 5–10 мм и более; при этом содержание ила в пойменных почвах 10–15%, а в долах откладываются исключительно илистые частицы.

При средней естественной периодичности затопления высокой поймы р. Оки, и, следовательно, урочища «Долы» один раз в 5–7 лет, слой илистого аллювия толщиной 19 см должен был образоваться, согласно простому арифметическому расчету, за период 950–1330 лет (при расчете не учитывали увеличение объема ила после отложения осадка за счет образования в нем порозности – Тюрюканов, 1956) и, уж во всяком случае, не более чем за 1500 лет, то есть не ранее V и, вероятно, не позднее X вв. н. э. (современная периодичность затопления высокой поймы р. Оки, в связи с искусственной регуляцией паводка, увеличилась примерно вдвое с 1969 г.). Таким образом, если наши расчеты верны, с большой долей вероятности можно утверждать, что почвенные условия для возникновения колонии Окской флоры в районе Лужков начали формироваться уже в историческое («летописное») время, когда Серпуховский край стал интенсивно осваиваться человеком (вырубка лесов и распашка земель в долине р. Оки). О предельной давности явления – примерно 2–4 тыс. лет – можно судить по датированному археологами, также погребенному глинистым аллювием реки, культурному слою, в местах стоянок древнего человека в районе сс. Лужков и Дединово.

Погребение дерново-подзолистых лесных почв под слоем современных речных отложений обнаружено нами на значи-

тельном участке долины р. Оки: в долах со степняками у с. Никифорово (Н. А. Костенчук); при впадении р. Москвы в р. Оку, по рр. Москве и Клязьме (А. Н. Тюрюканов) и в других местах, где нами проводились почвенные исследования, что говорит об общем характере явления для бассейна р. Оки на рубеже второго тысячелетия н. э. Его можно объяснить несколькими причинами: 1) общим повышением уровня Оки – например, в результате начавшегося примерно 1,5 тыс. лет назад перехвата некоторых рек Днепровского бассейна (перехват Окой верховьев р. Жиздры с рр. Рессетой, Брынью и др. притоками), которые до этого входили также в бассейн р. Десны (Коненков, 1939; Быстрицкая, Тюрюканов, 1968); 2) повышением уровня весеннего половодья на Оке в связи с массовой вырубкой лесов и распашкой земель в Коском бассейне в историческое время, приведших к исчезновению большинства пойменных дубрав (Еленевский, 1936); 3) изменением климатических условий; 4) широко распространенным в зоне I надпойменной террасы р. Оки активным воздействием на формирование мезо- и микрорельефа карстовых процессов (Лидов, 1949) и т. д.

Так или иначе, опустившиеся ниже уровня разлива типично подзолистые почвы в долах начали перекрываться слоем илистого наноса. Резкое внутрисезонное поднятие уровня вод р. Оки носило катастрофический характер для большинства типично лесных участков на месте теперешних долов: прежний лесной покров здесь так же, как и на всей пойме, исчез (Еленевский, 1936). Периодически заиливаемые карстовые поноры и понижения создали условия для наблюдаемого и поныне застаивания вешних вод в долах (иногда на 2-3 недели) и, как следствие, для прекращения в этих условиях лесообразовательного процесса.

Все это заставляет думать, что своеобразные природные условия для появления луговых сообществ на участках современной поймы, носящих название «долы», – ранее, по-видимому, покрытых лесом и незатоплявшихся, – возникли сравнительно недавно.

Сказанное свидетельствует против гипотезы реликтового происхождения колоний степных растений в периоды послеледниковых термических максимумов и тем более в доледниковый период (т. н. «третичная флора», т. е. флора третичного периода).

На основе анализа местонахождения представителей «реликтовой» флоры Московской и сопредельных с ней областей, П. А. Смирнов выявил так называемый Доно-Осетрский древний естественноисторический (отнюдь не связанный, по представлениям ученого, с деятельностью человека. – *Прим. авт.*) «основной путь проникновения степняков» на отрезок долины р. Оки в ее широтном течении (между гг. Серпухов – Коломна) и

в долину р. Москвы, «сохранившийся до настоящего времени» (Смирнов, 1940, 1958).

Этот путь начинается широкой полосой от г. Богородицка Тульской обл. на западе и г. Скопина Рязанской обл. на востоке и, сужаясь постепенно к северу на участке между гг. Серебряные Пруды Московской обл. и Рязанью, продолжается затем узкой лентой по долине р. Осетр до впадения этой реки в р. Оку.

Далее «путь» разветвляется: 1) по долине р. Оки на запад, – мимо гг. Коломна, Кашира, Серпухов, – до г. Таруса Калужской обл., захватывая при этом притоки р. Оки – рр. Беспута, Нара, Скнига, а также р. Лопасня (в работе 1940 г. П. А. Смирнов указывал и р. Каширку); 2) вверх по долине р. Москва, захватывая ее притоки (р. Пахра и др.) до г. Москва и несколько далее вверх по течению в сторону г. Звенигород.

Основываясь на материалах указанных работ П. А. Смирнова и других известных флористов, «путь проникновения» степняков можно продолжить следующим образом. Во-первых, по долине р. Оки от г. Коломна на восток до г. Нижний Новгород. Следует обратить внимание на «рязанский» отрезок окской долины (между гг. Коломна – Рязань), где П. А. Смирновым выявлены крайне редкие южные виды травянистых растений (особенно богаты ими окрестности пос. Белоомут), характерные для т. н. Лужковской флоры (Смирнов, 1958; Тихомиров, 1969; Конспект флоры Рязанской Мещеры, 1975). И, во-вторых, от г. Москвы на восток по долине р. Клязьма до гг. Владимир, Ковров и Красная Талка (по р. Талке, левому притоку р. Клязьма).

В. Н. Тихомиров и Л. М. Князева (Тихомиров, Князева, 1973) допускают существование двух основных естественных миграционных потоков «новой» для левобережья р. Оки флоры, восточного и южного (последний соответствует Доно-Осетрскому «пути» П. А. Смирнова), за счет которых окская долина и остепененные боры всего Волжско-Окского междуречья обогащались южными формами растений. Они установили, что характерные для остепененных боров виды тяготеют к долинам р. Оки и ее притоков.

Перечислим основные факты, имеющие отношение к проблеме Окской флоры: 1) установлено, что многие раритетные формы, чаще всего южного (также юго-восточного и восточного) происхождения, входящие в состав Окской флоры, встречаются и дальше к северу, северо-востоку (в Ярославской, Владимирской, Костромской и др. областях) и к востоку (особенно в Рязанской обл.); 2) в основном, это виды луговых степей, не выходящие за пределы речной долины; 3) основные ареалы многих видов растений- иммигрантов степного характера находятся на юго-востоке (район Волгограда), востоке (Сибирь), реже на юге (Крым, Кавказ); 4) большинство местонахождений раритетов Окской флоры оторвано от основных (первичных) ареалов на сотни и тысячи километров; 5) существуют основные пути проникновения неаборигенных растений «на север», т. е. в районы их

новых местообитаний – Доно-Осетрский («Южный») и «Восточный»; 6) мигранты проникают по долинам рек (Оке, Осетру, Москве, Клязьме, Мологе, Волге и др., севернее границы лесостепи), нередко *как бы* против течения этих рек.

В наших дальнейших построениях мы исходим из этих фактов, а также из следующих двух положений: а) Окская флора есть образование относительно молодое и б) как явление необычное, ввиду имеющейся дизъюнкции ареалов входящих в Окскую флору элементов, оно может быть связано с реализацией какого-то нестандартного способа расселения растений.

Ниже мы рассмотрим возможность существования непосредственной связи возникновения Окской флоры в Подмосковье и ее островков в сопредельных областях в лесной зоне с походами (нашествием) кочевников на Русь, постоянно повторявшимися в течение почти четырех столетий и сопряженными с перемещением огромного количества людей и синантропных «одомашненных» животных.

Из доступных нам исследований, содержащих сведения по истории татаро-монгольских завоеваний в Европе, удалось установить, что, например, *путь продвижения войск хана Батыя* зимой 1237/38 гг. (История СССР с древнейших времен, 1966; Каргалов, 1966, *карты*), за исключением участка Коломна-Серпухов, полностью *совпадает с путем* будто бы *естественного расселения растений-«степняков»* (по Смирнову, 1958, рис. 1). Войско Батые составляло 120-140 тыс. всадников (Каргалов, 1967). По военным обычаям татаро-монголов (как, впрочем, и всех кочевых отрядов, отправлявшихся в новые земли на грабежи), каждый воин был обязан иметь в походе не менее двух лошадей (Литвин, 1854; Рубрук, 1911). Если округлить численный состав войска Батыя до 100 тыс. воинов, принять, что каждый воин имел только двух лошадей, и исключить из расчета тягловый скот хозяйственного обоза и угнанный скот, то и тогда общее количество лошадей составит 200 тыс. *голов.*

Чем кормил Батый этот колоссальный табун? Условия местности, в которую направлялся Батый, непригодны для подножного зимнего кормления скаковых лошадей, а быть уверенным, что удастся добыть достаточное количество корма грабежом местного населения, вряд ли было можно[1].

---

[1] По приблизительным расчетам, даже годового запаса зерна в Рязани коннице Батыя хватило бы лишь на трое суток. К тому же, только зерном скаковую лошадь кормить нельзя – основу питания лошадей составляет сено. Недаром Плано Карпини, разрабатывая предупредительные меры от новых завоевателей, сообщает соотечественникам следующий совет, как надо готовиться к вторжению Орды: ё...сено и солому надлежит сжечь или крепко спрятать, дабы татарские лошади тем менее находили себе пище для еды (П. Карпини, изд. 1911 г., стр. 42).

Поэтому, готовясь к зимнему походу на Москву (и другие города Руси) с лета 1237 г., Батый не мог не позаботиться о заготовке для своего войска хотя бы месячного запаса фуража[1].

Если за суточную норму принять 10 кг сена на одну лошадь, то месячный запас (поход Батыя длился около двух месяцев) для всего войска составит не менее 60 тыс. тонн сена. Даже при вместимости одной подводы грузоподъемностью, скажем, в полторы тонны, для перевозки такого количества сена необходим обоз как минимум в 40 тыс. подвод! При этом следует и все дополнительное тягловое поголовье (как минимум, по 2 *головы* на одну подводу) включить в число реальных «едоков» фуража.

Известны места, где войско Батыя готовилось к походу на Московию с лета 1237 г., и где, следовательно, был заготовлен фураж для него: «Венгерский монах Юлиан сообщает в своих записях, что таким местом были, во-первых южные границы Рязанского княжества и, во-вторых, окрестности г. Воронежа, возле р. Дона» (Каргалов, 1966). Эта местность находится в пределах Среднерусского естественного ареала большинства степных видов Окской флоры. Имеется указание и на стоянку Батыя осенью 1237 г. на одном из притоков р. Суры (Карамзин, 1842), местности также богатой южными и юго-восточными видами травянистой растительности.

Движение по льду рек – характерная особенность зимних походов татаро-монгольских войск на Северо-Восточную Русь («нашествие» – в отличие от «набега»), первым из которых был поход хана Батыя (Симсон, 1880; Каргалов, 1966). Реки зимой представляли собой удобнейший путь для массового передвижения войсковой кавалерии и гигантского обоза, следовавшего за ним. Можно предположить также, что отряды хана Батыя в зиму 1237/1238 гг. передвигались не только по р. Проне (как сообщается в летописях), но и по другим рекам – в частности, по р. Осетр, а далее – что удостоверяется документально, – по рр. Ока, Москва, Клязьма и их притокам.

...Медленно передвигавшийся обоз занимал всю ширину речного пути и тянулся на десятки километров. Ясно, что в местах стоянок после кормления лошадей и скота на снегу оставалось большое количество остатков сена с семенами растений. Семена многих растений могли сохраниться в навозе, которым, разумеется, был обильно усеян весь путь батыевых орд. Этот первоклассно «подготовленный» к новой жизни семенной материал проходил затем стратификацию под слоями снега и весной, по половодью, устремлялся с потоками вешних вод на пойменные участки, где в благоприятствующих почвенно-растительных условиях успешно

---

[1] Современные нормы предусматривают в среднем до 10 кг сена и 4-5 кг овса, не считая всевозможных питательных добавок (Справочник зоотехника. Ч. 1. М., 1935).

прорастал и закреплялся на многие годы. Нетрудно представить себе, сколь массивным оказался засев южных форм луговостепной растительности в поймах рек, если во время только одного нашествия по льду рек от Рязани до Владимира и других городов Руси в желудках лошадей и на повозках «протряслось» не менее 60 тыс. тонн сена, заготовленного на юге Рязанского княжества, в окрестностях Воронежа и теперешней Тамбовской области.

Поэтому нам кажется совершенно естественным полагать, что в подходящих природных условиях, по лугам и боровым окраинам в долинах рек эти принесенные с обозом виды растений и даже их комплексы могли надежно закрепиться в составе растительности, проникнув затем и на более высокие участки в этих долинах и в непосредственной от них близости. Такое представление логично увязывается с тем установленным фактом (Тихомиров, Князева, 1973), что по мере удаления от рек флора остепненных боров быстро беднеет.

В литературе, с которой нам удалось познакомиться, нет указаний на летописные свидетельства о пребывании войсковых отрядов Батыя в районе тогда еще не существовавшего г. Серпухова. Это, однако, не означает, что татаро-монголы в этом походе до тех мест не добирались: не все передвижения батыевых отрядов, надо полагать, нашли свое отражение в летописях, тем более если они происходили в местах с отсутствием крупных поселений. Да и не в одном Батые, по-видимому, дело. Его зимний поход на Московскую Русь явился лишь первым, но наиболее ярким, наиболее полно описанным эпизодом из множества экспансий татаро-монгольских и тюркоязычных полчищ за почти четырехвековой исторический период.

Тот же г. Серпухов, созданный на южной границе Московского княжества и сыгравший большую роль в защите его от более поздних татаро-монгольских и крымско-татарских набегов, дважды разорялся Золотой Ордой – войсками хана Тохтамыша (1382 г.) и хана Едигея (1408 г.).

Следуя нашей гипотезе, богатство Лужковской и Никифоровской колоний лугово-степной флоры ранее не свойственными окским лугам видами, «пришедшими» зачастую из Забайкалья и монгольских степей, свидетельствуют о том, что именно здесь (он, как оказалось, неоднократно) бывали крупные соединения воинственных кочевников. Летописно это подтверждено установленными традиционными местами сбора и переправы через р. Оку золотоордынских и крымских полчищ перед более поздними нападениями на Серпухов и Москву (Симпсон, 1880; и др.).

Нам представляется исторически закономерным будто бы случайное совпадение географических точек местонахождения колоний и фрагментов дизъюнктивного ядра Окской флоры и ее аналогов в бассейнах других рек бореального пояса с исторически подтверждаемыми трассами передвижения, местами переправ,

сражений и стойбищ значительных масс кочевников, неизбежно несших с собою «генетический мусор», обогащавший местную флору и, по-видимому, фауну (насекомые, мелкие грызуны), биоценотически (трофически) связанную с растительным компонентом. Можно даже сказать, что это явление весьма тесно связано с общим процессом аридизации современного восточно-европейского ландшафта, послужив его отправной временной точкой. Это было начало процесса превращения значительной части бореальной Европы в истинную лесостепную Евразию – процесса, продолжающегося в наше время уже на уровне слияния (иногда – взаимоуничтожения) культур и цивилизаций.

Местонахождение Лужковской и Никифоровской колоний Окской флоры и их разрозненных островков совпадает с участком долины р. Оки (Таруса – Серпухов – Кашира – Коломна), где исстари постоянного (в течение нескольких веков) осуществлялись переправы воинственных представителей Дикого Поля при их набегах и нашествиях на Московское княжество. Местонахождение аналогичных вкраплений адвентивной флоры в зональное «одеяло» растительного покрова в долинах рек Москвы, Клязьмы и Волги, верховьев Дона и притока Оки – р. Осетра – тесно связано с путем передвижения войск Батыя в 1238 г. и 1239 гг., с трассой нашествия «царя Дуденя» (1293 г.), с местами крупных сражений и расположения станов татаро-монголов (города бывш. Московского княжества, в т. ч. Коломна, Владимир и др., долины реки Москвы, Угры, Мологи, Шексны и др.). Безусловно, свою лепту в процесс заноса южных растений на север в бассейне р. Волги внесли многовековые водные торговые пути, а рассеянию в долинах и и закреплению растений в местных травянистых ценозах способствовали заготовка и перевозка сена (Флеров, 1908).

Существование большого территориального разрыва (дизъюнкция) между ареалом спешного распространения некоторых видов растений южного и восточного происхождения и их местонахождениями в лесной зоне на р. Оке у Лужков и на реках Волге, Клязьме, Мологе и Москве (Смирнов, 1958) получает простое и естественное объяснение: они занесены сюда, – по меткому определению Л. Н. Гумилева в отношении причины, обусловившей начало объединенному передвижению монголов на Запад, – благодаря резкому изменению климата в районе Великой Монгольской Степи, и, по нашему предположению, в результате длительных, периодически повторяемых походов татаро-монгольских и вассальных азиатских племен от восточных пределов империи Чингисхана до Московской Руси.

При этом *целый ряд видов растений восточносибирского и монгольского ареала «переселялись» на запад постепенно, образуя все новые ценопопуляции по пути общего переселения биотических компонент и в ряде случаев меняли некоторые систематические признаки (например, цвет и размеры цветка, длина стебля и т. п.), что в*

более позднее время привело к отнесению ряда растений к различным видам внутри одного таксономического рода. Этими мы как бы *ставим задачу* будущим *флористам и систематикам растений – учитывать вероятность влияния такого «географического» процесса на фенотипические признаки растений в результате их многовековой трансплантации на новые территории. По-видимому, должны существовать гомологические ряды таких перемещенных растений, вместе составляющих один большой «линнеевский» вид.* Не случайно П. А. Смирнов был склонен выводить Festuca sulcata Hack. из восточносибирского центра расселения растения и считал этот вид континентальным, азиатским по своему происхождению, ассоциируя его по ряду признаков с Festuca lenensis Drob., а последний вид – с арктическим Festuca brevifolia R. Br. (Смирнов, 1958, с. 90–91). При этом видовая изменчивость ряда морфологических признаков может быть связана и с более глубокими перестройками в организмах, оторванных от основного ареала изначального распространения, т. к. известно, что изменения на хромосомном уровне (например, в связи с изменением водообеспеченности) у растений чаще всего происходят в пограничных областях ареала видов (Журавлева, 1994, с. 147), что также может иметь место и в рассматриваемом случае с Окской флорой.

Приведем еще один пример, в котором, как нам кажется, «непонятное» находит в свете обсуждаемого вопроса вполне логичное, но неожиданное обоснование.

П. А. Смирнов (1925, с. 114) пишет о Salix acutifolia Willd.: «...Произрастание «краснотала» у нас в Лужках, и притом в огромном количестве, составляет одну из южных черт нашего отрезка поймы р. Оки. Он должен быть отнесет к числу «Окских элементов». В районах массового распространения – в пойме Днепра, Дона, Волги в черноземной полосе – краснотал широко используется местным населением для изготовления построек для скота, плетения корзин и проч...» Следует заметить, что краснотал встречается и по р. Клязьме, что, с флористических позиций, так же необычно, и вызывает у *современных* флористов желание все объяснить в терминах теории ледниковых и пост-ледниковых реликтов (напр., А. К. Скворцов, 1969).

Вместе с тем, то, что краснотал «растет в изобилии на песчаных аллювиальных наносах в пойме р. Оки *против б. погоста Спаса-Тешилова»* (Смирнов, 1958, с. 114. Выделено нами. – *Авт.*), должно быть как-то связано с этим местоположением. И действительно, Спас-Тешиловское городище (близ теперешнего г. Пущино) известно как укрепление, выполнявшее в прежние века дозорные функции на южном рубеже Московского княжества, располагаясь на высоком правом берегу р. Оки, с широким обзором, напротив традиционных мест переправы через р. Оку.

Сообщая о вооружении татаро-монголов, тайный посол Ватикана Плано Карпини в XV веке свидетельствовал, что [об-

тянутый плотной кожей] «...щиту них сделан из *ивовых* или других *прутьев»* (цит. по изд.: Карпини, 1911), что из тех же прутьев они делали остовы для своих походных юрт, которые всегда возили за собой на повозках.

Приведенными *историческими* примерами мы хотели бы вновь, вслед за В. И.Талиевым и А. Ф. Флеровым, обратить внимание на деятельность человека как на мощный фактор в расселении растительных форм. Этот фактор не могут не учитывать ботаники при определении генезиса флор и растительности. Установленные с учетом этого фактора *явления флористического и биогеоценотического порядка могут использоваться историками для подтверждения или даже установления тех или иных исторических событий и фактов, слабо подтвержденных рукописными или иными традиционными историческими свидетельствами* (назовем этот метод условно «фитоценоархеологией», частью которого можно считать ставший уже традиционным дендрохронологический метод датирования исторических событий). Такой подход значительно расширит возможности исторического поиска и дешифрирования скрытых от обыденного представления «темных» мест в Летописи жизнедеятельности Человечества.

Анализируя состав Окской флоры с позиций ее антропогенного происхождения и учитывая ее длительную устойчивость в долинных ландшафтах (пойма и первая надпойменная терраса) на отрезке широтного течения р. Оки, мы обратили внимание на то, что эти участки долины обладают обогащенными карбонатами почвами, наносами и грунтовыми водами, что сближает их с геохимическими характеристиками ландшафтов более южных широт (слабокислая до слабощелочной среда с $6,2<pH<7,4$ и гидрокарбонатно-кальциевый состав почвенно-грунтовых вод). *Длительной устойчивости колоний колоний Окской флоры способствует то, что они возникли в значительной мере вследствие антропогенной «трансплантации» фитоценотически сбалансированного и экологически устойчивого ядра «сенного» фитоценоза, с достаточно широкой амплитудой благоприятных для выживаемости видов-компонентов наиболее вероятных экологических ниш (своеобразный устойчивый тип «фитоценоза-эксплерента»* – термин авт.*), чего нельзя было бы достичь интродукцией отдельных видов.* По исследованиям Н. А. Журавлевой, «...в ценозе, произрастающем в более экстремальных условиях, виды приобретают более разнообразные адаптационные свойства. которые должны способствовать стабилизации физиологических процессов при резких изменениях среды и быть направлены на оптимизацию их продукционного и репродукционного процесса в конкретном сообществе» (Журавлева, 1994, с. 36).

Таким образом, представление об очагах большего или меньшего скопления видов степной и лугово-степной флоры в пределах лесной зоны Окско-Волжского междуречья как о доледниковых, ледниковых или реликтах т. н. «ксеротермического» периода суббореального времени, не подтвержденное пока достоверными фактическими данными, вызывает недоверие со многих точек зрения.

С другой стороны, *многие неясные стороны проблемы Окской флоры находят удовлетворительное объяснение при учете исторических фактов. По новейшим представлениям, Окская флора, – точнее, ее лугово-степная и «дальневосточная» фракции, – в значительной степени представляет собой антропогенный средневековый реликт, удачно вписавшийся в состав более бедной видами «аборигенной» флоры* (Костенчук, Тюрюканов, 1980).

То, что в составе Окской флоры и ее аналогов в более северных частях бывш. Московского государства мы нередко находим некоторые среднеазиатские и, особенно, восточносибирские элементы (например, находка сибирской крупки *Draba sibirica (Pall.) Thell.* «...в большом количестве на высоких лугах по р. Москве близ Боровского кургана», со многими растениями-степняками – Смирнов, 1958, с. 148), может быть связано с *продолжительным влиянием не только средневековых военных нашествий, но и в целом многовекового процесса Переселения Народов в регионе Великой Степи, с присущим «переселенцам» более натурализованного быта и традиционным природопользованием, неразрывно связанным с включением в обиход растительного и животного природного компонента. Подобным же образом можно объяснить кавказско- и крымско-южнорусские флористические связи и находки в региональных флорах более северных земель.*

Вместе с тем невозможно полностью отрицать, что многие виды растений и даже их комплексы могут являться у нас памятниками древних геологических эпох. С другой стороны, долгое, – в течении, как минимум, нескольких веков, – самовоспроизводство трансплантированных в свое время остепненных фитоценозов в долине р. Оки заставляет уже и их отнести к неотъемлемому элементу аборигенной растительности (Данилов, 1983). Все сказанное заставляет признать, что *Окская флора и в целом долинные ландшафты р. Оки по способам своего формирования и происхождению являются сложной гетерогенной естественно-антропогенной системой, испытавшей длительное влияние природы и населения Великой Степи.*

От политико-административного к биосферно-территориальному районированию России

Землею пахнет!..
Я – твое, земля, созданье, –
И нет иного мне милей благоуханья.
А. М. Жемчужников

Так называемая «перестройка» обернулась развалом централизованной государственной системы СССР, дроблением России на множество субъектов Федерации, мощной вспышкой региональных войн и политической инфляции.

В этих условиях первостепенное значение приобрел вопрос о «государственном обустройстве» России, а введение рыночных отношений предельно обострило его. В рассуждениях на эту тему большую популярность приобрели термины «региональный подход», «районирование территории», «экономический регион» и т.п. Но имея дело с этими ныне ходовыми терминами, не нужно упускать из вида главное: какие бы новые схемы так называемого «районирования» не предлагались, в их основе по прежнему лежит так трудно доставшийся стране опыт политико-административного управления государством.

Следует заметить, что и по своему происхождению, и по своей сути понятие «регион» является естественноисторическим, а не политико-административным. Это понятие прежде всего указывает на природную, ландшафтно-историческую целостность территории, которая является основным определяющим фактором жизни этносов – их формирования, развития и миграции. Так что прямое связывание понятий «регион», «районирование» с политико-административной системой управления государством вносит много путаницы и направляет понимание исторического процесса по ложному пути.

Сейчас уже достаточно сильно во многих отношениях поколеблена уверенность в надежности, эффективности и целесообразности принципа политико-административного деления страны. Очередная перекройка страны на основе этого принципа не выведет страну из экономического и политического хаоса. Она не будет подлинным обновлением страны.

Есть ли альтернатива этому принципу? Да, есть - это принцип естественноисторического, а конкретнее говоря, биосферно-территориальной организации и управления Россией.

Сейчас этот вопрос оказался напрямую связанным с решением экологических проблем, с «экологической безопасностью России». Идея-концепция «устойчивого развития», выдвинутая на международной конференции в Рио-де-Жанейро в 1991 г. в нашей стране была воспринята как руководство к действию, и

в спешном порядке было разработано и представлено несколько десятков концепций-программ «устойчивого развития России». Их исходной предпосылкой служит хорошо известный социологический тезис о том, что базисом развития общества является экономика (соответственно, политика, идеология, наука и т.д. рассматривается как надстройка над базисом).

На наш взгляд, сейчас наступила пора дать всестороннюю и тщательно взвешенную оценку данного тезиса. Уже нельзя пройти мимо того факта, что практическая реализация тезиса о базисной роли экономики в развитии общества прервала естественноисторическую связь общества с природой и породила глобальные экологические проблемы. Нужно дать должную оценку и усилиям настойчиво внедрить в общественное сознание мысль о том, что экологические проблемы являются неизбежной и даже «естественной» «платой за прогресс». На самом же деле экологические проблемы есть самое надежное свидетельство противоестественного пути развития человечества. Этих проблем не должно быть – их существование противоречит логике естественноисторического развития природы и человечества.

По существу необходимо вернуться к классической научной мысли о первичности природных, а именно биосферных, предпосылок возникновения и развития общества. Биосфера является истинным базисом развития общества, она первична, а экономика – вторична. Если экономику называть «базисом», то биосфера является «супербазисом», т.е. основой основ развития общества. Развитие человечества определяется не двоичной системой «базис и надстройка», «экономика и политика», а триадой «супербазис – базис – надстройка». Под супербазисом мы понимаем территорию и все природные ресурсы, доставшиеся нам от природы и предшествующих поколений россиян. Не оцененность супербазиса в стоимостном отношении позволила тоталитарной системе долго продержаться на плаву и заодно сбросить все население и народное хозяйство страны в глубочайшую экологическую пропасть. Одновременно научная концепция супербазиса, т. е. учение о биосфере-ноосфере, как абсолютно несовместимая с тоталитаризмом, испытала на себе все тяготы раскручивавшегося маховика репрессий. Не технократический идеал освобождения от природной зависимости, а наоборот, опора на естественноисторическую связь с биосферой должна служить стартовой площадкой и основной движущей силой развития человечества, исходной предпосылкой разработки всех теоретических и практических аспектов стратегии его развития в третьем тысячелетии.

Крупный недочет концепций устойчивого развития заключается в их абстрактно-глобальном характере. Биосфера конечна в своих размерах и, как подчеркивал В. И. Вернадский, мозаична по своей структуре и свойствам. Поэтому нет ничего удивительного в том, что концепции глобализма, рассчитан-

ные на усредненные критерии, едва родившись, стремительно уходят в небытие.

А на смену им должны прийти концепции структурно-функциональных систем биосферы, ставящие в центр своего внимания уникальность конкретных природно-территориальных единиц биосферы. Среди этих единиц наиболее различимы естественноисторические (природные) регионы. Под таковыми мы понимаем ландшафтно-исторические территориальные комплексы, имеющие свое естественноисторическое прошлое, отличное от соседних регионов, определенный вектор и темп развития территории и несущие разную по объему и интенсивности антропогенную нагрузку. Такие комплексы несут в себе большой ресурс управления. Осознание этого позволит людям разобраться в своем поведении на территории того или иного региона.

С учетом этих биосферно-территориальных единиц – бассейнов рек, зон природы, естественноисторически сложившихся ландшафтов и взаимосопряженной связи между ними – необходимо строить административную и производственно-экономическую структуру и деятельность страны.

В биосферной уникальности, биосферном богатстве России заключается организующее и управляющее начало ее обновления. Виднейшие историки России всегда подчеркивали, что характерные природные условия Русской земли определили и первоначальные черты российской государственности.

С. М. Соловьев отмечал, что исполинские системы рек, образующие водную сеть Русской земли, «много содействовали единству народному и государственному, и при всем том особые речные системы определяли вначале особые системы областей, княжеств. Так, по четырем главным речным системам Русская земля разделялась в древности на четыре главные части: первую составляла озерная область Новгородская, вторую – область Западной Двины, т.е. область Кривская, или Полоцкая, третью – область Днепра, т.е. область древней собственной Руси, четвертую – область Верхней Волги, область Ростовская»[1].

«Начиная изучение истории какого-либо народа, – говорил В. О. Ключевский, – встречаем силу, которая держит в своих руках колыбель каждого народа – природу его страны». Он также отмечает решающую роль речной сети в первоначальном племенном, а затем земско-княжеском делении Древней Руси. Это проявилось «еще заметнее в последующем удельном делении XIII-XV вв., довольно точно согласовавшемся со сложным разветвлением бассейнов Оки и Верхней Волги... Взаимная близость главных речных бассейнов равнины при содействии однообразной формы поверхности не позволяла размещавшимся по ним частям населения обособляться друг от друга... подготовляла народное единство и со-

---

[1] *Соловьев С. М.* История России с древнейших времен. М., 1959. Т. 1. С. 63.

действовала государственному объединению страны»[1] (Ключевский В. О. Сочинения. М., 1956. Т. С.45, 64). Не случайно автор первой конституции России («Русской правды») декабрист Пестель расположил столицу Российского государства в Нижнем Новгороде – в месте слияния двух великих рек, Волги и Оки, пронизывающих своими бассейнами всю Центральную Россию.

С губернской реформы, введенной Петром I и закрепленной Екатериной II, началось административно-территориальное деление страны. При формировании губерний руководствовались главным образом фискальными и военно-административными соображениями. Контуры губерний определялись расстоянием городов от губернских центров и состоянием путей сообщения. Так административно-территориальное деление стало входить в противоречие с принципом естественноисторического районирования территории государства.

Здесь к месту вспомнить, как Николай Владимирович любил рассказывать истории про наши железные дороги. Он ведь был сыном крупнейшего инженера по строительству железных дорог, что в конце XIX и начале XX века считалось очень почетным и уважаемым делом. Николай Владимирович припоминал, например, как калужские купцы и городские власти не дали взятку строителям дороги Москва – Киев, а те мстительно провели железную дорогу мимо губернского города Калуги. И целое столетие люди сходили с поезда за двенадцать верст до Калуги и уж до самого города добирались как Бог даст. Любому понятно, что это резко сказывалось на экономике губернского города. А московскую электричку до Калуги I пустили только в 1968 году.

Частенько загадывал Николай Владимирович такую загадку: «Где в России город, в котором есть вокзал, но нет железной дороги?» И объяснял несведущему собеседнику, что это город Кологрив Костромской губернии, а история в нем произошла достойная калужской. Строители вели железную дорогу через этот уездный город, но богатые купцы и промышленники Мантуровы путем большой взятки подкупили строителей, и дорога послушно вильнула мимо Кологрива на Мантурово. Кологривцы же вокзал построили, а «железку» так и не получили. В этом несостоявшемся вокзале теперь музей. Воистину, «Россия – сфинкс», как писал А. Блок.

В XIX веке в мире начинается промышленная, а в XX веке - научно-техническая революции. Курс на индустриально-технологическое развитие получил государственную поддержку и вывел вперед группу так называемых развитых стран. Стала быстро формироваться техносфера, а с ней и невиданная по масштабу и силе атака индустриальных технологий на биосферу. Забота о наращивании техносферы

---

[1] *Ключевский В. О.* Соч. М., 1956. С. 45, 64.

стала всецело определять характер и структуру административной организации и управления жизнью стран.

В конце прошлого века, в преддверии этой атаки на биосферу, как некое предупреждение и противодействие возможным негативным ее последствиям, возникла мощная вспышка натуралистического естественноисторического мышления – социологическая мысль возрождает идею географического детерминизма, а В. В. Докучаев открывает биосферное направление в естествознании. В начале XX века политика становится доминирующим фактором развития мира. Революция в России привела к противостоянию двух общественно-политических систем, спор между которыми стал решаться на пути индустриально-технологического развития. В нашей стране рождается сталинский тоталитаризм, который доводит принцип административного деления страны до крайнего предела, придав ему резко выраженный политический характер. Так, например, был введен партийный критерий для образования новых областей: при наличии на территории 25 тысяч членов партии уже можно было ставить вопрос о превращении этой территории в новую область. Целые народы насильственно переселялись со своей исторической родины. Посмотрите на карту Коми АССР. Северная граница ее прочерчена по линейке. Это абсолютно противоестественная граница, но она закрывала выход этой автономной республики к морю и тем самым лишала ее права на статус союзной республики. Хрущев передачей Крыма Украине пополнил список волюнтаристских решений административно-территориальных проблем. За этот политико-административный произвол мы сейчас расплачиваемся региональными войнами.

В настоящее время мы оказалось в той критической точке развития государственности, когда можно уверенно утверждать, что любые государственные административно-территориальные единицы не являются структурными подразделениями биосферы.

У каждой структуры Лика Земли свои времена и возраста круговорота и эволюции. Разнообразие структур и их динамики порождают третью составляющую эволюции планеты - управление. В этом смысле управление есть объективная, а не волевая категория бытия всех систем на планете. Все более очевидным становится нарастание несовместимости административно-политического управления с естественными процессами биосферы. Хорошо известен факт, что территории, через которые проходит граница административных областей и которые тем самым оказываются вне поля зрения «недремлющего ока» областного начальства, скорее всего приходят в запущенное состоянии. И вот тут природа берет свое: начинается естественный процесс восстановления почвенного покрова, лесов и лугов. Административному управлению природа противопоставляет естественный, сложившийся веками процесс управления.

Этот пример – лишь иллюстрация более общего принципа: нам следует сделать ставку на тот ресурс управления, который был накоплен биосферой за многие миллиарды лет. В ее организованности заключен ресурс управления природно-территориальными комплексами (регионами). Управление и управляющие системы возможны только в рамках биосферной реальности.

Логикой исторического развития мы вынуждены переходить к управлению, основанному на реальности регионального и биологического разнообразия Лика Земли, которое в конечном итоге определяет динамику этнических и демографических процессов, развитие экономики, культуры и т.д.

Задолго до возникновения банковского оборота в самом существе жизни был заложен принцип круговорота веществ. В этом заключается объективный естественноисторический код управления, динамично-круговоротный принцип и ресурс организованности и управления биосферных систем.

Двоичная система «базис – надстройка» в конце концов вырождается в примитивную финансово-банковскую систему денежного круговорота. Любят говорить, что время – это деньги, но почему-то не принимают в расчет, что время – не деньги. За деньги не купишь время. В историческом процессе настала очередь денег – им гореть, а не людям. Истинным банком, который содержит в себе гарантию и ресурс развития человечества, является вовсе не денежный банк, а организованность биосферных систем.

Из вышесказанного следует, что не экономические и тем более политические, а супербазисно-биосферные критерии должны лечь в основу разработки концепции управления развитием страны.

Неизбежен вывод о том, что догма политико-административного деления России уходит в прошлое. Сейчас самый благоприятный момент для осознанного перехода к биосферно-территориальному принципу организации и управления России. Мы просто обязаны воспользоваться этим моментом и не упустить предоставленный историей шанс обновления России.

Вместо эпилога

Книга подошла к концу.

Нельзя объять необъятного. Раздумья не кончаются.

Мир природы и антимир человечества балансируют на грани взрыва. Из звездной дали хорошо видно, что человечество должно уступить в своем конфликте с природой. Иначе оно исчезнет как биологический вид.

Логика и антилогика – как и все сущее – управляется Временем. Стрелки невидимых часов приближаются не к звездному часу человечества, а к его звездной полуночи.

Идет обратный отсчет времени. Мы живем в конце многомиллиардной истории биосферы. Еще немного – и планета Земля станет второй звездой Солнечной системы. Уже достигнуты на Земле звездные температуры и межзвездный вакуум. Радиоволновое излучение планеты Земля стало сравнимо с излучением спокойного Солнца. Открыта сверхпроводимость в широком диапазоне температур. На Земле идут уже космохимические реакции, идет синтез новых химических элементов и изотопов, в том числе радиоактивных. Локальные космохимические процессы, воспроизводимые в лабораторных условиях, приобретают ландшафтную очаговость, а последняя, разрастаясь, переходит в глобальную, «звездную» стадию планеты Земля. Научная мысль как планетное явление, о чем говорил В. И, Вернадский, стала космическим явлением.

Часы пробили Чернобылем, предупреждая о возможном инфаркте человечества.

Человечеству нужны подвижники, мудрые в масштабах истории люди. На шкале биосферной научной мысли одиноко стоят маяки человеческой мудрости – Леонардо да Винчи, Бюффон, Гете, Гумбольдт, Ломоносов, Докучаев, Вернадский, Тимофеев-Ресовский...

Успеет ли человечество выдвинуть и понять новых гигантов – вот в чем вопрос. Естествознание с неизбежностью сливается с гуманитарностью. Единая целостная система «Биосфера и Человечество» может быть управляемой и сопряженно эволюционной. Мир прямых и обратных связей в природе должен быть понят человечеством.

Действие равно противодействию, но между действием и противодействием есть маленький зазор времени (временной люфт). В нем-то и состоит вся тайна великого управления в природе. Поймем ли мы это и скоро ли поймем – от этого зависит, как мы распорядимся своей судьбой.

Земля конечна в своих размерах, но бесконечна во времени и организованности биосферы. Конечность пространства и бесконечность времени материализуются в организованности биосферы. Поток времени исчезает в океане организованности.

Жизнь вечна – человечество не вечно. Число биологических видов измеряется миллионами, а человечество – всего лишь один из биологических видов. Как уцелеть ему в океане жизни и видового разнообразия? Ясно лишь одно – гомогенизация жизни ведет к краху, разнообразие жизненных форм ведет в будущее. Красота природы, которой суждено спасти мир, заключена в великом разнообразии. Оценить и понять это – насущнейшая задача науки.

Большие времена природы на много порядков превышают жизнь человечества, не говоря уже об одиноком человеке. В битве больших и малых времен победа останется за первыми.

Нас ждут большие ожидания. Вот и все.

«Кончено дело, зарезан старик, Дунай серебрится, сверкая», – любимая поговорка Н. В. Тимофеева-Ресовского.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Много добрых людей помогали писать эту книгу -- кто воспоминаниями, кто логикой, кто чем мог - по-христиански. Н. В. Тимофеев-Ресовский был честным (а нечестным нельзя быть) христианином.

Научно он был гением – он мог быть аналитическим ученым с сильной логикой экспериментатора, а с нами он был синтетическим мыслителем-натуралистом. Он говорил об элементарных структурах биосферы и тут же о ее целостности, единственности, уникальности. Но он всегда думал о Земле, о Биосфере, Родине. Это его доминантный Ген. Он с нами в наших буднях.

Мы писали в этой книге, как номенклатурная «судьба» обделила его быть лидером природоохранного дела в России. А он этим жил и готов был драться за природу Родины – за ее леса, почвы, водоемы, травки и зверюшек. Любил он басовые голоса -- «Благословляю вас, леса, долины, нивы, реки, горы...»

Но... вернемся к прозе наших дней.

Не стало лучше в организации природоохранной науки и практики с образованием сначала Комитета, а потом и Министерства охраны окружающей среды. Практически все политики взяли на свое вооружение лозунги об охране природы и ни один из них ничего не сделал для этого.

Любопытно, как создавался Комитет по охране природы СССР. В сложных интригах перестройки номенклатура активно пересаживалась защищать природу. Комитет складывался из трех ведомств: сначала номенклатура ЦК комсомола (больше 100 человек), к ней добавили примерно столько же из прогоревшего Агропрома и завершили все это бюрократическими тружениками из Гидромета и других не менее бюрократических ведомств, потом стали искать министра. После долгих поисков выбор остановился на замечательном человеке, авторе почвозащитной системы земледелия Федоре Трофимовиче Моргуне. Этот чистый человек, принявши руководство неизвестным ему «коллективом», ринулся спасать природу Отечества. Он не думал о загранице. Он думал о Родине. Но ему противостоял весь военно-промышленный комплекс и коррумпированная номенклатура из разных министерств.

Моргун метался по стране, но силы были неравны. Воспользовавшись введенным на Первом съезде Советов возрастным цензом для министров (65 лет), он добровольно ушел в отставку и увел с

собой 5-6 министров, чьи ведомства наиболее загрязняли Родину. Это был подвиг одиночки, но систему он не сломал. После Моргуна министром стал Н. Н. Воронцов - ученик Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского. Он был и остается хорошим зоологом университетско-академического склада, однако то ли возраст, то ли бес унес его в политику. Он стал «демократом». А потом развал СССР. И на должность министра охраны природы был приглашен не Н. Н. Воронцов, а Виктор Иванович Данилов-Данилян, но аппарат, исходно собранный партноменклатурой, оставался прежним. Все шло и поныне идет по дедушке Крылову: «...Хоть ты и в новой коже, но сердце у тебя все то же».

Мы здесь не анализируем Министерство охраны природы и его головного Института охраны природы. Книги живут дольше, да и тиражируются больше. Мы не собираемся проклинать геростратов. Россия воспрянет ото сна и на обломках номенклатурной бюрократии и взяточников молодежь будет сажать деревья и рожать детей, чего не догадались сделать браконьеры эпохи тоталитаризма и «перестройки».

Книга продвинулась к концу. Ее герой не с нами и ждет своего столетия. Жив его сын Андрей, его друзья и ученики. Суматошная жизнь в ожидании третьего тысячелетия, как предновогодняя суета, разбрасывает людей, дела и судьбы идей.

...Но кто-то начинает собирать камни... Растет груда камней (идей, дел), собранных в молодой Академии естественных наук. «Возродится ли Россия?» – спрашивает академик М. Я. Лемешев. Ответ опережает вопрос. Безусловно, да! Ответ дали Петр Великий и Петр Капица, Ломоносов и Галина Уланова, Пушкин и Высоцкий, Глинка и Державин, Менделеев и Чайковский, Есенин и Тамм, Клыков и Серафим Саровский, Сергий Радонежский и Жуков, Суворов и Галина Вишневская. Ответ дали пионеры практической отечественной космонавтики: Ю. В. Кондратюк, Ф. А. Цандер, С. П. Королев, В. П. Глушко, В. Н. Челомей, Олег Георгиевич Газенко в институте которого Н. В. Тимофеев-Ресовский нашел последний приют... и несть им числа.

Но, выходя в Ноосферное состояние, человечество поймет, что через все испытания его вела Россия – континент человечности с орлиным взглядом, огромными жертвами и мощной силой Любви к людям -– братьям по планете.

Пусть же тогда планету красят памятники не диктаторам и убийцам, а мыслителям, и среди них хочется увидеть Владимира Ивановича Вернадского и его учителя Василия Васильевича Докучаева, Владимира Николаевича Сукачева и его учителя Георгия Федоровича Морозова, Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского и его учеников...

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

От авторов 7
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Автобиографическая записка 7
Подвижники нужны как Солнце 10

ОБЩЕЕ УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Учение о биосфере – детище русской национальной школы в науке 18
Биосферное естествознание 29
Биосфера в XX веке 42
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биосфера и человечество 52
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биосфера и эволюция (Глава из книги) 60
Н. В. Тимофеев-Ресовский, О. Г. Газенко. От докучаевских зон природы до космичских экосистем 66

НА «СТЫКЕ» ТРЕХ РЕАЛЬНОСТЕЙ. РАДИАЦИОННАЯ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ

Два синтеза Космоса 68
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Генетика, эволюция и теоретическая биология 77
Три реальности 83
Чернобыльский синдром в учении о биосфере 93
Ю. Д. Абатуров, Н. В. Тимофеев-Ресовский. Радиационная биогеоценология 106
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии 110
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии 123
Н. В. Тимофеев-Ресовский. О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями 129
Б. М. Агафонов, Е. А. Тимофеева-Ресовская, Н. В. Тимофеев-Ресовский. О судьбе радиоизотопов в водоемах 138
Н. В. Тимофеев-Ресовский. О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека 151
Встречное движение наук (Новый научный синтез биосферных идей) 165

ОРГАНИЗОВАННОСТЬ БИОСФЕРЫ

Концепция уровней организации жизни 186
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Уровни организации жизни на Земле и среда протекания эволюционных процессов 193
Элементарные единицы биосферы 201
Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биосфера – биогеоценоз – биоценоз – популяция (Глава из книги) 213
Живое организует пространство (Структурная организованность биосферы) 225
Н. В. Тимофеев-Ресовский. О некоторых принципах классификации биохорологических единиц 237
Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. Н. Тюрюканов. Об элементарных биохорологических подразделениях биосферы 243
Биосферные науки и экология 257

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Жить на «проценты с оборота» основного капитала биосферы 273
Почвы – супербазис человечества 282
Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. Н. Тюрюканов. Биогеоценология и почвоведение 298
Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. Н. Тюрюканов. Об экологически чистом сельскохозяйствовании 311
Биосфера и время 313
Биосферное начало этносов 326
Влияние природы и населения Великой Степи на современные ландшафты Российского Нечерноземья (К вопросу о происхождении феномена Окской флоры) 339
От политико-административного к биосферно-территориальному районированию России 358
Вместо эпилога 363
ПОСЛЕСЛОВИЕ 365