

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Сборник материалов конференции  
12–14 ноября 2018, Екатеринбург



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

**Всероссийская научно-практическая конфе-  
ренция с международным участием**

**«Современные подходы и методы  
в защите растений»**

*Материалы всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
с 12 по 14 ноября 2018 года*

Издание вышло в свет при финансовой поддержке  
Российского научного фонда (*проект № 16-16-04022*)

Екатеринбург  
Издательство УрФУ  
2018

УДК 57.044

## СОПОСТАВЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ В ГРАДИЕНТЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Сморкалов И.А.\*, Сёмин П.О.\*\***

\*ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта 202а,  
*ivan.a.smorkalov@gmail.com*

\*\*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,  
*ntsp@ya.ru*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, хлорофилл, sentinel-2, вегетационный индекс.

Концентрация фотосинтетических пигментов – важный показатель физиологического состояния растений, но существующие методы прямого определения ее значений трудоемки и требуют значительных временных затрат. В настоящее время активно развиваются методы косвенной оценки состояния растительности по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Целью работы была оценка возможности использования данных ДЗЗ высокого разрешения для определения концентрации хлорофиллов в листьях берёзы в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами.

Работу проводили 6 августа 2018 г. в березовых лесах на разном расстоянии от источника загрязнения – Карабашского медеплавильного завода. Пробы листьев отбирали на 6 удалениях (1–27 км). На каждом удалении – по три пробные площади (ПП) с известной концентрацией тяжелых металлов в подстилке [1]. На каждой ПП собирали листья с 5 случайных деревьев с высоты 5–6 м, со всех сторон кроны. Высечки из листьев с ПП объединяли, перемешивали и отбирали по 3 пробы массой 0.10–0.12 г. Концентрацию хлорофиллов *a* и *b* в листьях (мг/г) определяли спектрофотометрически с экстракцией 96% этанолом. Всего проанализировано 54 пробы. Также определяли влажность листьев (для пересчета на абсолютно-сухой вес) и УППЛ (для пересчета на площадь).

Расчет вегетационных индексов (ВИ) проводили в программе QGIS 2.10 по снимку спутника Sentinel-2 (MSI) от 6 августа 2018 г. (уровень обработки 1С). Использовали данные красных и инфракрасных спектральных каналов с разрешением 10 и 20 м. Выбрали наиболее используемые в настоящее время ВИ, которые рассчитывали по следующим формулам:

$NDVI = (R842 - R665) / (R842 + R665)$  [2] – нормализованный относительный индекс растительности;

$EVI2 = 2.5 * (R842 - R665) / (R842 + 2.4 * R665 + 1)$  [2] – улучшенный вегетационный индекс;

$LAI=12.45*(R783-R705)/(R705-R665)-5.31$  [3] – индекс листовой поверхности, где  $R_{xxx}$  – значение отражения на соответствующей длине волны (нм). Значения индексов определяли по координатам центра каждой ПП с помощью плагина Point Sampling Tool. Всего получено по 18 значений каждого ВИ.

Статистическую обработку (регрессионный анализ и нелинейное оценивание) проводили в пакете Statistica 10 (StatSoft inc.). Учетная единица – пробная площадь.

Обнаружена значимая отрицательная линейная связь содержания суммы хлорофиллов  $a$  и  $b$  и всех ВИ с концентрацией  $Cu$  в подстилке ( $R^2$  от 0.76 до 0.95,  $p < 0.001$ ).

Наиболее точно концентрация хлорофиллов аппроксимируются экспоненциальной функцией от значения LAI (см. таблицу).

Таблица. Коэффициенты детерминации зависимостей концентрации хлорофиллов и вегетационных индексов ( $p < 0.001$ ).

Зависимость	<i>NDVI</i>	<i>EVI2</i>	<i>LAI</i>
Линейная	0.638	0.718	0.781
Экспоненциальная	0.640	0.702	0.785

Зависимость имеет следующий вид:

$$\text{Хлр } a+b = 0.015154 * \exp(0.007168 * LAI).$$

Наименьшие отклонения от кривой характерны для участков с высоким уровнем загрязнения (см. рисунок), на которых практически отсутствуют другие растения, кроме берёзы, т.к. в LAI на менее загрязненных участках вносят вклад растения подлеска и травяно-кустарничкового яруса.

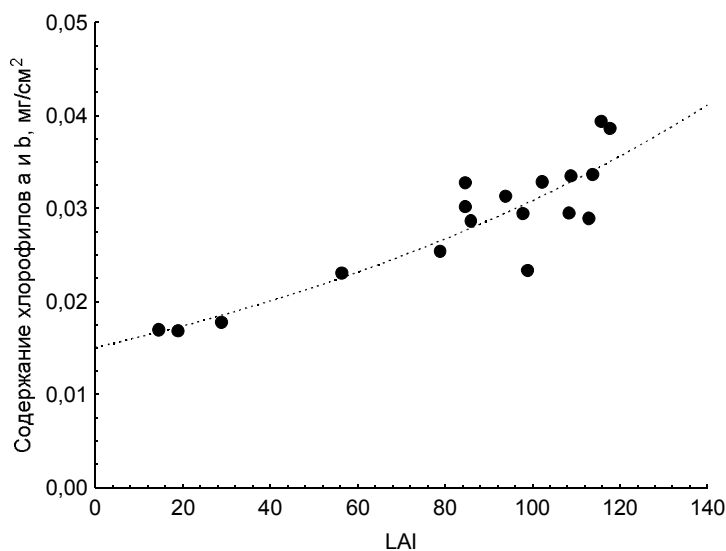


Рисунок. Аппроксимация взаимосвязи LAI и концентрации хлорофиллов экспоненциальной кривой ( $p < 0.001$ ).

Таким образом, по данным дистанционного зондирования можно достаточно точно определить концентрацию хлорофиллов в листьях берёзы в масштабе нескольких десятков метров. Это позволяет определять данный параметр с меньшими трудозатратами, в динамике и даже ретроспективно, что в частности открывает новые возможности

для изучения механизмов реакции растений (и связанных с ними глобальных биогеохимических циклов) на сильное техногенное загрязнение.

### Список литературы

1. Сморгалов И.А., Воробейчик Е.Л. Почвенное дыхание лесных экосистем в градиентах загрязнения среды выбросами медеплавильных заводов // Экология. 2011. № 6. С. 429–435.
2. Adan M. Integrating Sentinel-2 derived vegetation indices and terrestrial laser scanner to estimate above-ground biomass/Carbon in Ayer Hitam tropical forest Malaysia, Master's thesis, the University of Twente, Enschede, The Netherlands. 2017. 78 p.
3. Ma Q.M., Chen J.M., Li Y.J., Croft H., Luo X.Z., Zheng T., Zamaria S., Ieee. Leaf chlorophyll content estimation from Sentinel-2 MSI Data // 2017 Ieee International Geoscience and Remote Sensing Symposium. New York: Ieee, 2017. P. 2915–2918.

УДК 574.5

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВОДЯНОГО ОРЕХА *TRAPA L.*

**Михайлова Е.В.\*, Артюхин А.Е.\*\*, Шевченко А.М.\*\*, Горте Э.\*\*\*, Кулуев Б.Р.\***

*\*Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН*

*450054, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, Проспект Октября, 71,  
mikhele@list.ru*

*\*\* ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет*

*450074, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32*

*\*\*\* Факультет биохимии, Вюрцбургский университет имени Юлиуса и Максимилиана  
97070, Германия, г. Вюрцбург, ул. Сандерринг, 2*

**Ключевые слова:** водяной орех, чилим, редкие виды, интродукция, *Trapa*сее

Водяной орех плавающий (*Trapa L.*) – род однолетних водных цветковых реликтовых растений, встречающихся в европейской части России, на юге Западной Сибири, на Дальнем Востоке. *Trapa natans* L. sl. значится в Красных книгах 36 регионов, виды *Trapa incisa* (*Trapa maximowiczii* Korsh.) и *Trapa japonica* занесены в Красную книгу Хабаровского и Приморского края [1]. Видовое разнообразие водяного ореха в России остается под вопросом, так как сравнительного генетического анализа растений предполагаемых видов в России никогда не проводилось. В Красной книге Республики Башкортостан на данный момент числится вид *Trapa sibirica*, тогда как в издании 1984 года упоминалось два других наименования (*T. alatyrica* и *T. uralensis* V. Vassil). На данный момент в Башкортостане генетического разнообразия у водяного ореха не обнаруживается.

Водяной орех предпочитает стоячие и слабопроточные водоемы с илистым грунтом. При благоприятных климатических условиях он может выступать в роли инвазивного вида (в Австралии), либо культивироваться и использоваться в пищу (в Индии и Китае). На территории России численность водяного ореха, тем не менее, продолжает сокращаться. Популяции, сохранившиеся после четвертичных оледенений, страдают от