

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

**АНАЛИЗ ПИГМЕНТНОГО СТАТУСА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *ACER* L.
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ STATISTICA
ANALYSIS OF THE PIGMENT STATUS OF SOME SPECIES OF GENUS *ACER* L.
USING THE PROGRAM STATISTICA**

И.Н. Турбина, Г.М. Кукуричкин

I.N. Turbina, G.M. Kukurichkin

*Сургутский государственный университет, г. Сургут
scilla3@yandex.ru*

Для изучения механизмов адаптации пяти видов рода *Acer* L. в культуре ботанического сада были исследованы показатели пигментного комплекса (азотный баланс – Nbi, флавонолы – Flv и хлорофилл – Ch) в ассимилирующих органах растений. Показано, что пигментный состав листьев растений свидетельствует об их относительно высоком физиологическом статусе. Выявлено повышение биохимических показателей (Nbi, Chl, Flv) к концу лета по сравнению с началом летнего периода, что свидетельствует о формировании защитной функции организма растений в предзимний период. Для интерпретации результатов исследования использованы следующие статистические методы: тесты Шапиро-Уилка, критерии Манна-Уитни, Вилкоксона, Крускала-Уоллиса.

The present paper is aimed at the analysis of adaptation mechanisms of five species of the genus *Acer* L. in the culture of the botanical garden. With this view we studied the indices of the pigment complex (nitrogen balance - Nbi, flavonols - Flv and chlorophyll - Ch) in the assimilating organs of plants. It was revealed that the pigment composition of plant leaves indicates their relatively high physiological status. An increase in biochemical parameters (Nbi, Chl, Flv) was identified by the end of summer in comparison with the beginning of summer period, which testifies to the formation of the protective function of the plant in the pre-winter period. The following statistical methods were used for test results interpretation: Shapiro – Wilk tests, Mann – Whitney, Wilcoxon, Kruskal-Wallis and criteria.

Ключевые слова: адаптация, биохимические показатели, ботанический сад, древесные растения, статистические методы.

Keywords: adaptation, biochemical parameters, botanical garden, woody plants, statistical methods.

Род Клен (*Acer* L.) насчитывает около 150 видов, которые распространены в Европе, в Передней и Средней Азии, в Гималаях, Восточной Азии, в Северной и Центральной Америке. Многие виды этого рода довольно быстро растут, неприхотливы в уходах и обладают более высокой аккумулярующей способностью тяжелых металлов (свинец, кадмий) в листьях взрослых растений по сравнению с другими породами [1]. В качестве критериев функционального состояния древесных растений в условиях интродукции выступает состояние весьма чувствительного к внешним воздействиям фотосинтетического аппарата растительного организма: содержание пигментов, изменение анатомической структуры листового аппарата. С другой стороны, ассимиляционная деятельность растений является первичным метаболическим процессом, эффективность которого определяет ростовые и репродуктивные процессы. Безусловно, фотосинтетические структуры и процессы являются индикаторами общего состояния растительного организма [2–3].

Целью исследования являлось изучение механизмов адаптации некоторых видов древесных растений в условиях интродукции.

Задачи: определить биохимические показатели (Nbi, Chl, Flv) у пяти видов рода *Acer* L.; обработать экспериментальные данные статистическими методами.

Методы и материалы. Объектами исследований являлись представители рода *Acer* L. различного географического происхождения [4–5].

Acer ukurunduense Trautv. & С.А. Меу. (А1) – клен желтый, или укурудский. Ареал: Российский Дальний Восток, Япония, северо-восток Китая. Раскидистый кустарник или кустовидное дерево. Листья пальчато-пятилопастные, довольно жесткие, длиной 8–12 см и почти такой же ширины, опушенные, средняя лопасть значительно крупнее боковых. Осенью листва приобретает красивую, яркую окраску, оттенки которой варьируются от светло-красных до коричневато-оранжевых и фиолетовых. Хорошо переносит затенение и в природе обычно встречается в верхнем кустарниковом ярусе хвойных лесов. Самый морозостойкий из дальневосточных кленов. 5 экземпляров получено из Санкт-Петербурга в 2016 г. 2–3-я группы зимостойкости.

Acer trautvetteri Medw. (А2) – клен Траутфеттера, или высокогорный. Естественно произрастает в высокогорьях Кавказа. Небольшое дерево с толстым, саблевидно изогнутым в нижней части стволом. Крона широкояйцевидная или шаровидная. Теневынослив. Листья простые, в очертании широкояйцевидные, 9–14 см длины и 11–16 см ширины, глубоко пятилопастные. Осенью листья приобретают ярко красно-карминовую окраску. 2 экземпляра получены в 2019 г. из Горного ботанического сада (Дагестан). Группа зимостойкости пока не известна.

Acer spicatum Lam. (А3) – клен колосистый является самым северным из видов клена, произрастающих в Северной Америке; растет на опушках и в подлеске смешанных лесов, довольно хорошо переносит сильное затенение. В естественных условиях – кустарник или небольшое дерево. Листья простые, широко яйцевидные, 7–10 см длиной и 6–9 см шириной, со слабо сердцевидным основанием, неглубоко трех- или пятилопастные, толстые, мягкие, снизу опушены. Осенью листья окрашиваются в желто-оранжевые тона. 3 экземпляра получены из Уфы в 2012 г. 2-я группа зимостойкости.

Acer ginnala Maxim. (А4) – клен гиннала, или приречный. Произрастает в широколиственных лесах Российского Дальнего Востока, в Японии и Китае. Деревья 5–7 м высотой, с трехлопастными листьями, центральная лопасть более длинная, боковые – короче, горизонтально распростертые или несколько вверх направленные, нередко почти цельные, яйцевидной формы. Осенью листья становятся малиново-красными. 3 экземпляра получены из Уфы в 2012 г. 1-я группа зимостойкости. Плодоносит.

Acer mandshuricum Maxim. (А5) – клен маньчжурский, в природе растет в долинных широколиственных смешанных лесах на юге Российского Дальнего Востока, Кореи, Японии, Китая, где местами господствует во 2-м ярусе. Светолюбив. Дерево, часто кустовидное, с тройчатыми листьями, листочки длиной до 8 см и до 2,5 см шириной на длинных красноватых черешках. Осенью листья становятся пурпурно-красными. В коллекции Сургутского ботанического сада имеется два экземпляра, поступивших из Санкт-Петербурга в 2014 г. и Новосибирска в 2018 г. 2–3-я группы зимостойкости.

Для оценки повреждаемости древесных растений низкой температурой использовалась 5-балльная шкала С.Я. Соколова [6]: 1 – растение вполне зимостойко; 2 – у растения отмерзают концы побегов; 3 – отмерзают крупные ветви; 4 – отмерзает вся надземная часть до уровня снегового покрова (или почвы); 5 – растение не зимует, вымерзает с корнем.

Определение биохимических показателей (содержание флавонолов – Flv, мг/см², хлорофилла – Chl, мг/см², индекса азотного баланса – Nbi) проводили с помощью инновационного аппарата DUALEX (Франция). Индекс азотного баланса растений Nbi (Nitrogen Balance Index) представляет собой соотношение количества хлорофилла и флавонолов. Выборку листьев делали с нескольких близко растущих деревьев, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программных пакетов «Excel MS Office-2016» и «Statistica 10». Производилась идентификация показателей Nbi, Chl, Flv

на соответствие закону нормального распределения. Закон Гаусса подтвердился, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами параметрической статистики. Полученные результаты расчета показателей представлены средними значениями (Mean), Mean±SD – среднее значение показателя ± стандартное отклонение (Std.Dev.); min – минимальные значения показателя; max – максимальные значения показателя. Соответствие структуры данных закону нормального распределения оценивалось на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка (для выборок $n < 30$). Две зависимые выборки биохимических показателей растений за период (июнь, август) распределены ненормально, поэтому для их сравнения применили тест Уилкоксона (*Wilcoxon matched pair test*). Для сравнения двух независимых ненормально распределенных выборок использовали *U-тест Манна-Уитни (Mann-Whitney U-test)*, который сравнивает не средние значения выборок, а суммы рангов по каждой из них. Для сравнения нескольких независимых выборок видов клена по одному признаку использовали непараметрический дисперсионный анализ Крускала-Уоллиса и медианный тест (*ANOVA Kruskal-Wallis and Median test*).

Полученные результаты. Исследования проводили в период активного роста древесных растений – с июня по август. Анализ полученных результатов выявил широкий диапазон пигментных показателей в листьях интродуцентов в разные периоды сезонного развития. Так, у *Acer ginnala* и *Acer mandshuricum* отмечено повышение биохимических показателей (Nbi, Chl, Flv) к концу лета по сравнению с началом летнего периода (рис. 1). Это свидетельствует о формировании защитной функции организма растений в предзимний период, что согласуется с имеющимися в литературе сведениями о максимальных значениях биохимических показателей в листьях древесных растений к концу лета – началу осени. У остальных трех видов в августе по амплитуде варьирования показателей пигментов максимальные концентрации Chl (26–26,7) и Flv (1,7–1,8) отмечены у *Acer ukurunduense* и *Acer trautvetteri*, а Nbi (18,6) – у *Acer spicatum*.

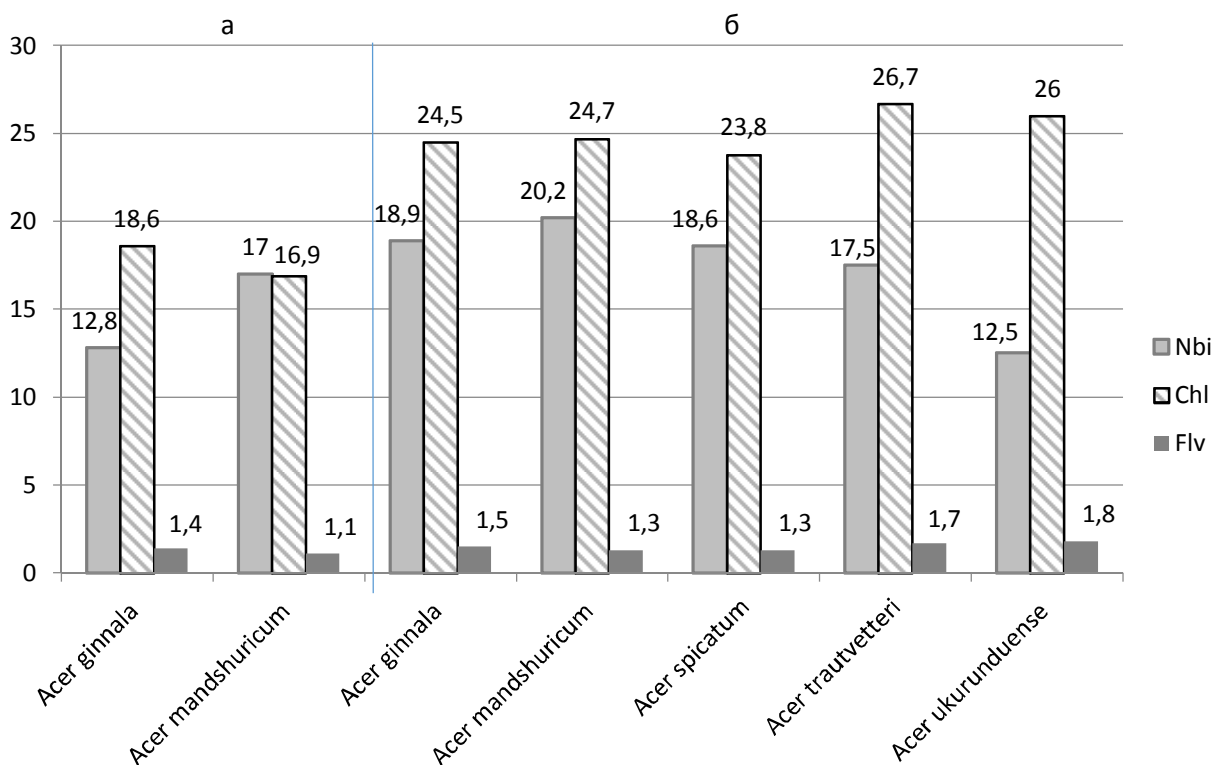
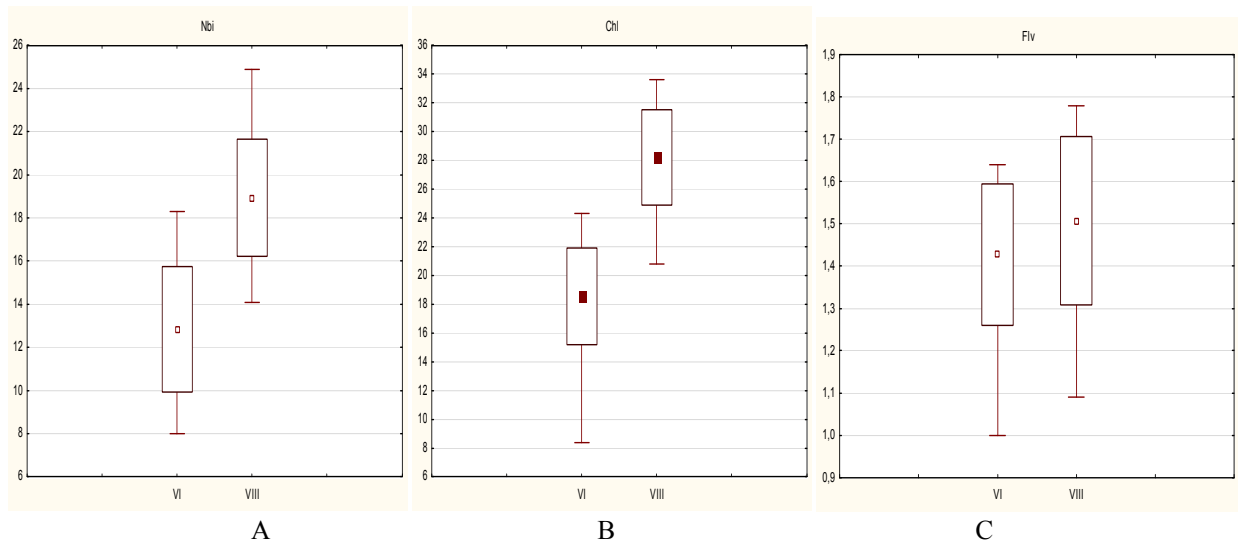


Рис. 1. Сравнительный анализ средних значений показателей (Nbi, Chl, Flv) в листьях древесных растений рода *Acer* (а – июнь; б – август)

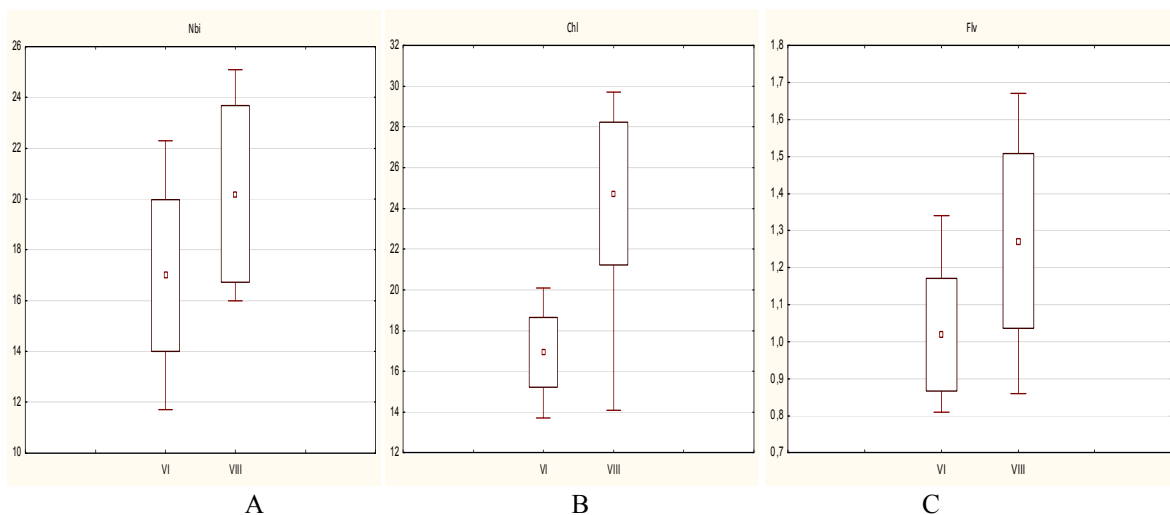
В полученных результатах статистически значимыми были различия при сравнении медиан показателей Nbi, Chl, Flv за летние месяцы (июнь, август) у *Acer ginnala* при значении критерия Вилкоксона $P < 0,05$ (рис. 2).



□ Mean – среднее значение показателя; □ Mean±SD – среднее значение показателя ± стандартное отклонение (Std.Dv.); I min – минимальные значения показателя; max – максимальные значения показателя

Рис. 2. Диаграмма размаха показателей *Acer ginnala*: А – Nbi, В – Chl, С – Flv

Отмечено наличие статистически значимой разницы ($P < 0,05$) между сравниваемыми выборками *Acer mandshuricum* показателя Nbi при значении критерия Вилкоксона ($P = 0,007$); Chl ($P = 0,001$); Flv, при $P = 0,02$ (рис. 3).



□ Mean – среднее значение показателя; □ Mean±SD – среднее значение показателя ± стандартное отклонение (Std.Dv.); I min – минимальные значения показателя; max – максимальные значения показателя

Рис. 3. Диаграмма размаха показателей *Acer mandshuricum*: А – Nbi, В – Chl, С – Flv

При сравнении суммы рангов показателя Nbi у двух независимых групп *Acer ukurunduen- se* & *Acer mandshuricum* выявлено наличие статистически значимой разницы между сравниваемыми выборками при $P = 0,001$ (рис. 4, А) в отличие от группы *Acer spicatum* & *Acer mandshuricum* по показателю Chl, где сравниваемые выборки не различаются при $P = 0,07$ (рис. 4, В).

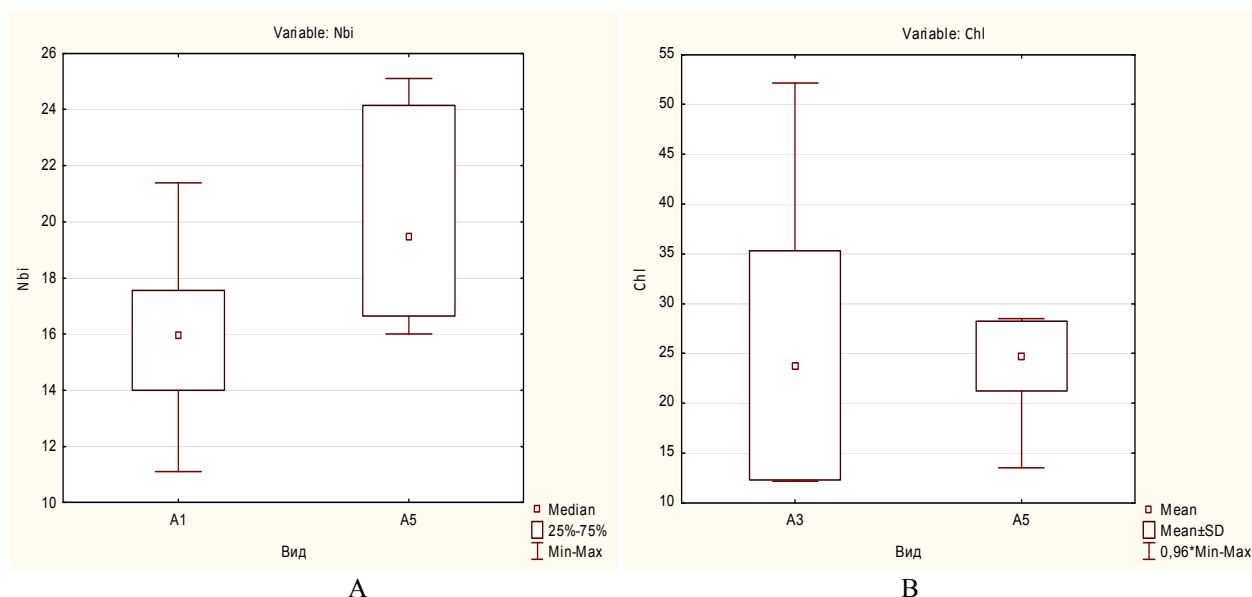
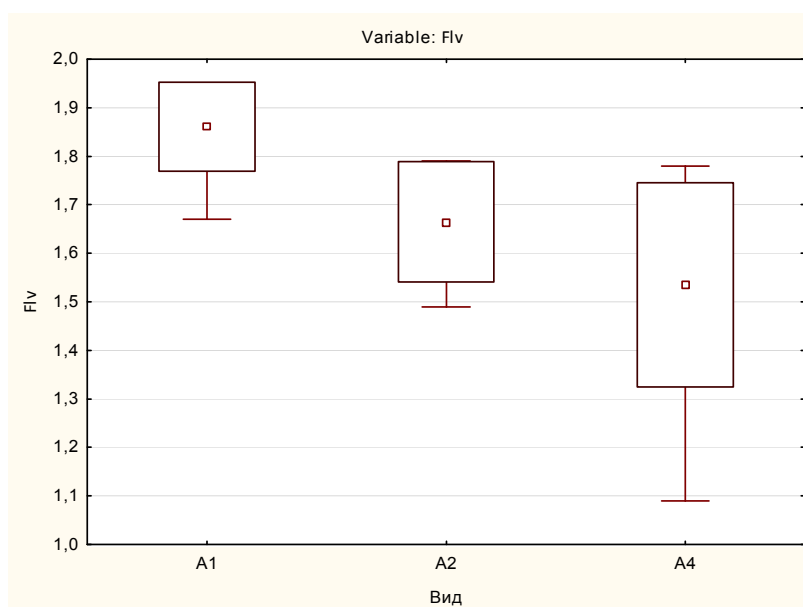


Рис. 4. Диаграмма сравнения двух независимых групп по одному показателю: А – Nbi, В – Chl

При анализе независимых групп трех видов *Acer ukurunduense*, *Acer trautvetteri*, *Acer ginnala* наблюдаются различия между сравниваемыми группами по биохимическому показателю Flv, при $P = 0,005$ (рис. 5).



□ Mean – среднее значение показателя; □ Mean±SD – среднее значение показателя ± стандартное отклонение (Std.Dv.); I min – минимальные значения показателя; max – максимальные значения показателя

Рис. 5. Диаграмма сравнения трех независимых групп по одному показателю: Flv

Выводы. Пигментный состав листьев исследованных растений свидетельствует об их относительно высоком физиологическом статусе. Повышение биохимических показателей (Nbi, Chl, Flv) к концу лета свидетельствует о защитной функции организма растений в предзимний период. При сравнении двух периодов развития *Acer ginnala* максимальные значения биохимических показателей отмечены в фазу плодоношения (август). Были использованы в основном непараметрические методы статистической обработки, так как анализируемые данные биохимические

мических показателей листьев пяти видов клена не подчинялись закону нормального (Гауссова) распределения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (приказ № 1281 от 25.08.2017 г.).

Литература

1. Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Морозова Т.С., Соловьева В.И. Оценка аккумуляции тяжёлых металлов древесными растениями полевая лесополосы и полевыми культурами // Вестник Московского гос. областного ун-та. Серия: Естественные науки. 2014. № 1. С. 75–80.
2. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. 202 с.
3. Бухарина И.Л., Поварничина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск, 2007. 216 с.
4. Булыгин Н.Е. Дендрология. Л. : Агропромиздат 1991. 352 с.
5. Соколов С.Я., Связева О.А. География древесных растений. М. ; Л. : Наука, 1965. 266 с.
6. Деревья и кустарники СССР. Т. II: Покрытосеменные / ред. С.Я. Соколов. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1951. 611 с.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-57

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СОЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНДУКТОМЕТРА (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХОВОГО БОЛОТА СУРГУТСКОЙ НИЗИНЫ) FEATURES OF SPATIAL ASSESSMENT OF SALT POLLUTION USING A CONDUCTIVITY METER (BOG IN SURGUT LOWLAND, WESTERN SIBERIA)

В.Н. Тюрин, О.Ю. Баховская, М.Ю. Баховская, В.А. Домахина, А.О. Кох, О.В. Масловская
V. Tyurin, O. Bakhovskaya, M. Bakhovskaya, V. Domakhina, A. Kokh, O. Maslovskaya

Сургутский государственный университет, г. Омск

tyurin_vn@mail.ru

Представлены полевые данные по электропроводности болотных вод за 2019 г. на участке загрязнения подтоварными водами. Они отразили присутствие физико-химической аномалии, сохранившейся в течение 15 лет с момента аварии. Присутствие загрязнения подтверждается другими признаками и проявляется в изменении pH, растительности, а также отображается на космических снимках.

The data on electrical conductivity in a place of pollution with produced water is presented. The 2019 data reflected a physicochemical anomaly remaining 15 years after an accident. The contour of pollution is also confirmed by other signs and manifested in pH and vegetation, also displayed in satellite images.

Ключевые слова: верховое болото, солевое загрязнение, электропроводность, ГИС.

Keywords: bog, salt pollution, electrical conductivity, GIS.

Солевые загрязнения, вызванные разливами подтоварных высокоминерализованных вод на нефтяных месторождениях, представляют серьезную угрозу северным экосистемам, которые сформированы преимущественно олиготрофными видами растений. Между тем, выявление загрязненных участков и определение их площадей по-прежнему является большой проблемой. К настоящему времени для Западно-сибирского региона опубликованы единичные работы, в которых излагается методика оценки площадей загрязнений и представлены карты (схемы) загрязненных участков с соответствующими пояснениями [5]. Расхождения в масшта-