

# 1. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОСИСТЕМ

УДК 574.24:504.064.2

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СНЕГОВОГО И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ Г. САРАТОВА С ПОМОЩЬЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ

О.В. Абросимова, Е.С. Батт, М.А. Быкова, М.Ю. Меркулова  
Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
e-mail: ecology@sstu.ru

Аннотация: В сообщении рассматривается оценка токсичности снегового и почвенного покрова г. Саратова с помощью тест-объектов: *Triticum durum* Desf. сорт Фаворит и *Raphanus sativus* L. сорт Красный с белым кончиком. Выявлены зоны высокой и средней фитотоксичности на территории г. Саратова.

Ключевые термины: снеговой и почвенный покров, фитотоксичность, тест-объекты.

Фитотестирование как способ токсикологической оценки используется издавна для определения качества семян, плодородия почв сельхозугодий и относительно недавно в природоохранной сфере для оценки экологического качества природных сред. Особую актуальность в экологическом контроле приобретают лабораторные методы фитотестирования, как наиболее экспрессные и экономичные.

Фитотестирование основано на чувствительности растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках [1, 2].

Целью данной работы была оценка токсичности снегового и почвенного покрова территории г. Саратова с помощью растительных тест-объектов. Объектом исследования являлись пробы снега, собранные в феврале-марте 2010-2011 гг. и почвы, собранные в мае-июне 2010-2011 гг. на территории г. Саратова в наиболее напряженных участках: вдоль дорог, на пересечении главных автомагистралей, поблизости от промышленных предприятий, в сельтебных районах старой и новой застройки со строгой картографической привязкой к местности. В качестве контроля использовали пробы снега и почвы, собранные в 3 км от г. Саратова

(фоновая территория). Оценку токсичности проб талой воды, почвы и водных вытяжек почв проводили с помощью растений *Triticum durum* Desf. сорт Фаворит и *Raphanus sativus* L. сорт Красный с белым кончиком по ГОСТу Р ИСО 22030-2009. Определяли всхожесть семян и отклонение морфометрических (длина проростка) и физиологических (масса проростка) параметров. Для сопоставления токсичности городских проб с контрольными показателями рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) для каждого определяемого параметра и комплексный на основе всех полученных данных по методике Кабилова Р.Р. Статистическую обработку полученных результатов проводили по общепринятой методике.

Токсичность проб снега г. Саратова для тест-объекта *R. sativus* оценивали по способности подавлять или стимулировать всхожесть семян. По результатам биотестирования гипертоксичными (зафиксирована гибель тест-организма) оказались пробы, отобранные в Городском и Детском парках, на Театральной площади, а также в жилом массиве, удаленном от промышленной зоны, Заводского района. Высокотоксичными были пробы, отобранные вблизи промышленных зон предприятий на территории Заводского района и вблизи транспортных потоков в центре города. Слаботоксичными и нетоксичными были пробы, отобранные в жилых и рекреационных зонах города.

Токсичность образцов снега для тест-объекта *T. durum* оценивали по всхожести семян и морфометрическим признакам. В результате исследования установлено, что гипертоксичными оказались пробы, отобранные вблизи Городского парка, Детского парка и Театральной площади. Несмотря на стимуляцию всхожести у *T. durum* отмечено угнетение ростовых процессов, приводящее к изменению морфометрических признаков, у растений пророщенных на пробах, собранных в районе Набережной Космонавтов и в Заводском районе на территориях, удаленных от промышленных зон.

Стимуляция всхожести и увеличение морфометрических параметров по сравнению с контролем у тест-объектов выявлено при выращивании *T. durum* на пробах, собранных в Заводском районе на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки, в центре города в районе Детского парка и сквера рядом с городским цирком.

Морфометрические параметры на уровне контроля или незначительные отклонения отмечены у пшеницы, выращенной на пробах, отобранных в жилых массивах, удаленных от промышленных зон, в Заводском районе и в районе Набережной города.

Снеговой покров г. Саратова характеризуется средней (28%) и низкой (46%) токсичностью по отношению к тест-объектам. При оценке токсичности снегового покрова менее чувствительным тест-объектом оказалась *R. sativus*.

Оценка токсичности почвенного покрова производилась как на самих образцах почв, так и на их водных вытяжках. Исследование показало, что в большинстве случаев водные вытяжки из почвы давали заниженные результаты токсичности по сравнению с данными, полученными при постановке опыта на почвенных пробах, это может быть связано с тем, что в водную вытяжку попадают только водорастворимые соединения.

Оценка фитотоксичности почв г. Саратова на тест-объект *R. sativus* показала, что всхожесть семян редиса на почвенных образцах и водных вытяжек почв достоверно не отличалась от контроля, незначительные подавления роста отмечено лишь в пробах, собранных вблизи автомагистралей. Полученные данные не позволили судить о токсичности всех исследуемых проб почвы. Оценка морфометрических и физиологических показателей у тест-объекта *R. sativus* выявила снижение массы побега у растений, выращенных на почвах, собранных вблизи автомобильных дорог и в селитебных зонах.

Оценка степени токсичности почвенных вытяжек по всхожести *T. durum* показала высокую токсичность проб, отобранных вблизи промышленных зон предприятий, а также на набережной города. Средняя токсичность зафиксирована в пробах, взятых вблизи автомагистралей. Водные вытяжки из почв жилых массивов характеризовались слабой токсичностью. При оценке морфометрических признаков выявлены отклонения от контрольных показателей и по длине стебля, и по длине корня в пробах, отобранных вблизи промышленных зон предприятий, в районе набережной, а также на пересечении автомагистралей. В остальных пробах значимые отклонения не обнаружены.

Сравнение результатов тестирования на двух тест-объектах показали, что более чувствительным биотестом при оценке городских почв оказалась *T. durum*, менее информативным биотестом – *R. sativus L.* Это может быть связано с физиологическими, морфологическими особенностями тест-растения и спецификой поллютантов, содержащихся в пробах почвы.

Оценка интегральной токсичности проб почв г. Саратова позволила выявить на территории города зоны средней и слабой фитотоксичности, а также участки почвенного покрова, соответствующие фоновым показателям.

Применение растительных тест-объектов с разной степенью чувствительности к экотоксикантам позволило наиболее полно охарактеризовать степень фитотоксичности снегового и почвенного покровов г. Саратова. При оценке фитотоксичности как проб снега, так и проб почвы более чувствительным тест-объектом оказалась *T. durum*. Биологические показатели, такие как всхожесть семян и длина побега целесообразно использовать для оценки фитотоксичности природных объектов. Наибольшая токсичность приурочена к промышленным зонам предприятий, наиболее загруженным автодорогам города.

Наложение данных по анализу снегового и почвенного покровов позволило выявить на территории г. Саратова две зоны с высокой токсичностью по отношению к изученным тест-объектам. Первая зона находится в историческом центре города, которая в связи с плотной застройкой и низкой проветриваемости находится в критической ситуации. Вторая зона – это промышленный узел Заводского района города.

Таким образом, оценка фитотоксичности снегового и почвенного покровов г. Саратова, позволила установить степень антропогенной нагрузки на некоторые функциональные зоны г. Саратова. Полученные данные могут быть использованы при проведении экологического мониторинга и оценке состояния и прогнозирования городских территорий.

### **Библиографический список**

1. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 282 с.
2. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. №1. С. 1-18.

#### EVALUATION OF TOXICITY OF SNOW AND SOIL COVER SARATOV USING PLANT TEST-OBJECTS

O.V. Abrosimova, E.S. Batt, M.A. Bykova, M.Yu. Merkulova  
Saratov State Technical University, 410054 Saratov, 77 Polytechnicheskaya street  
e-mail: ecology@sstu.ru

Abstract: We evaluated the toxicity of snow and soil cover of Saratov from using plants: *Triticum durum* Desf. (the variety "Favorite") and *Raphanus sativus* L. (the variety "Red With a White Tip"). We have identified areas of high and medium phytotoxicity in Saratov.

Key words: snow cover, soil cover, phytotoxicity, bioassay-objects.

## **ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ МЕРЗЛОТНЫХ АЛАСНЫХ ПОЧВ ПО СОСТОЯНИЮ ПОЧВЕННОЙ МИКРО И МЕЗОФАУНЫ**

Г.А. Алексеев

ФГАОУ ВПО «Научно-исследовательский институт прикладной  
экологии Севера Северо-Восточного федерального университета им.  
М.К. Аммосова», 677980, г. Якутск, проспект Ленина 43,  
e-mail: agennadii@mail.ru

*Научный руководитель – директор, д.б.н. Г.Н. Саввинов*

Аннотация: Проведенные исследования состояния почвенной микро- и мезофауны в трансформации мерзлотных аласных почв показали, что микроартроподы и лямблициды чутко реагируют на сенокосно-пастбищное воздействие. При этом показана зависимость численности дождевых червей и почвенных гамазовых клещей от водно-физических свойств аласных почв.

Ключевые слова: трансформация, аласы, микро и мезофауна, гамазовые клещи, биотоп, плотность сложения.

**Актуальность темы.** Аласы Центральной Якутии – уникальные ландшафты криолитозоны со своеобразными почвенными и растительными ресурсами. Естественные аласные луга составляют основу кормовой базы животноводства, на их долю приходится до 21% сенокосных и пастбищных угодий республики.

Как известно, аласные луга прежде всего подвергаются сильному выпасу и перевыпасу. В частности, не соблюдаются пастбищеобороты, нормы и сроки выпаса, отсутствует элементарный уход за угодьями, усиливается дигрессия пастбищных угодий. При этом происходит не только резкое ухудшение водно-физических свойств мерзлотных аласных почв, но и коренная смена исходного растительного покрова.

В результате изменяется и разрушается среда обитания почвенных беспозвоночных, что приводит к изменению видового состава, численности, возрастной структуры и характера пространственного их распределения в почве. Играя важнейшую роль, как активных почвообразователей в жизни биоценозов, почвенные беспозвоночные во многом определяют возможность восстановления исходных типов биоценозов при снятии нагрузок, т.е. их устойчивость и обратимость происшедших в них изменений. Ввиду этого, исследование состояния комплексов почвенной микро и мезофауны

аласов представляет существенный интерес, как потенциальных биоиндикаторов при экологическом мониторинге.

**Цель исследования.** Оценить трансформацию мерзлотных аласных почв по динамике численности и структурного распределения почвенной микро и мезофауны.

**Задачи исследований:**

-Заложить экологический профиль по различным биотопам аласов для определения распределения дождевых червей и почвенных гамазовых клещей;

- Установить зависимость численности дождевых червей и почвенных гамазовых клещей от водно-физических свойств почв.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились в 2010 г. на пятой надпойменной (Тюнгюлюнской) террасе р. Лена северной части Лено-Амгинского междуречья Центральной Якутии. Изучены два типичных зрелых котловинных провальнотермокарстовых аласа, имеющих разную степень антропогенной нагрузки. Деградированный алас Уолан вытоптан вследствие нерегулируемого выпаса. На ненарушенном аласе Тобуруон хозяйственная деятельность частично регулируется, травостой используется под сенокос.

Материал отобран стандартным почвенным буром, для определения и изучения гамазовых клещей использовали наиболее распространенный способ выгонки микроартропод из почвы - эклекторный метод Берлезе-Тульгрена [3]. Всего обнаружено 769 экземпляров гамазид. Определение клещей проведено И.И. Марченко (ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск). Для извлечения и изучения дождевых червей применен метод раскопок и ручной разборки. Почвенные образцы отбирали по генетическим горизонтам почвы (до глубины встречаемости дождевых червей). Обработка проб проведена обычными в почвенно-зоологической практике методами. Пробы размером 50 x 50 см и мощностью 50 см извлекались по стандартной методике [1].

Исследования основных физических свойств почв проводились общепринятыми в почвоведении методами [2]. В соответствии с целью работ, была определена плотность сложения и полевая влажность мерзлотных аласных почв в полевых условиях, методом Качинского. Отбор образцов почв проводился по глубинам 0-10, 10-20 см с каждого гидротермического пояса аласов, где развиты мерзлотные аласные дерново-глеевые на нижнем, мерзлотные аласные дерново-глееватые на среднем и аласные остепненные почвы на верхнем поясе.

**Результаты и обсуждение.** Многие авторы считают почву рыхлой, если плотность сложения гумусового горизонта составляет 0,9-0,95 г/см<sup>3</sup>, нормальной — 0,95-1,15 г/см<sup>3</sup>, уплотненной — 1,15-1,25 г/см<sup>3</sup> и сильно уплотненной — более 1,25 г/см<sup>3</sup> [2].

По полученным данным, трансформация физических свойств почв проявляется на глубине 0-20 см на всех гидротермических поясах деградированного аласа Уолан. Так, на нижнем поясе плотность сложения на глубинах 0-10 и 10-20 см колеблется от 1,32 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, влажность 32,0-34,3%. На среднем поясе от 0,98 до 1,26 г/см<sup>3</sup>, на верхнем остепненном поясе от 1,08 до 1,17 г/см<sup>3</sup>, влажность абсолютно сухой почвы составляет 4,94-7,42%.

Исследованная для контроля почва аласа Тобуруон имеет среднюю уплотненность. Так, наименьшая величина плотности сложения на глубинах 0-10 и 10-20 см варьирует от 0,81 до 1,13 г/см<sup>3</sup> на нижнем поясе, влажность 30,8-43,9. На среднем поясе величина плотности сложения колеблется от 0,99 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, влажность 10,5-15,3, на верхнем остепненном поясе от 1,14 до 1,22 г/см<sup>3</sup>, влажность 4,38-6,31%.

Максимальная численность почвенных гамазовых клещей (750 экз/м<sup>2</sup>) и дождевых червей 2,7 экз/м<sup>2</sup> наблюдаются на нижнем поясе аласа Тобуруон и на среднем поясе Уолан. По нашим наблюдениям определяющим фактором численности микро и мезофауны является влажность почвы и плотность сложения. Влажность в абсолютно сухой почве составляет 30,8-32,1%, плотность сложения варьирует 0,81-0,96 г/см<sup>3</sup> и является рыхлой. Это свидетельствует о более благоприятных условиях среды обитания для микро и мезофауны на нижнем поясе аласа Тобуруон и на среднем поясе аласа Уолан. На верхних гидротермических поясах расположенных выше, численность гамазовых клещей составила 150 экз/м<sup>2</sup>, а дождевые черви отсутствуют. На этих поясах аласов влажность соответствует всего 4,32-7,42%, а плотность сложения колеблется 1,08-1,22 г/см<sup>3</sup>.

#### **Вывод:**

Таким образом, по нашим исследованиям четко проявляется зависимость численности дождевых червей *Eisenia nordeskioldi*, Eisen и почвенных гамазовых клещей *Mesostigmata* от водно-физических свойств аласных почв. Наиболее оптимальные условия для жизнедеятельности микро и мезофауны создаются в аласных почвах, где влажность почвы составляет 30-32%, а плотность сложения колеблется от 0,81-0,98 г/см<sup>3</sup>. Так как влажность и плотность сложения почв зависят друг от друга, здесь сочетаются наиболее благоприятные условия обитания почвенной фауны.

### **Библиографический список**

1. *Гиляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965.-278 с.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования агрофизических свойств почв. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. *Количественные методы в почвенной зоологии/ Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров, В Дунгер и др.* – М.: Наука, 1987.

#### **THE ASSESSMENT OF TRANSFORMATION OF CRYOSOLIC ALAS SOILS ON CONDITION OF SOIL MICRO AND MESOFAUNA**

G.A. Alekseev

Scientific research institute of applied ecology of the North of North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. 677890, Yakutsk, Lenin street , 43

e-mail: agennadii@mail.ru

*Research advisor – Doctor of Biological Sciences, Director of SRI of applied ecology of the North of North-Eastern Federal University G.N. Savinov*

Abstract: The conducted researches of the role of micro and mesofauna in transformation of cryosolic alas soils testified that microarthropods and lumbricides readily respond to mowing and grazing influence. Hereby it is indicated the dependence of earthworms and pedogenic mole mites numbers on hydrophysical properties of alas soils.

Keywords: transformation, alases, micro and mesofauna, mole mites, biotope, density of texture.

УДК 577.355:582.475.4

### **АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС» И «ОСИНСКАЯ ЛЕСНАЯ ДАЧА»**

Д.Н. Андреев, П.Ю. Санников

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь ул. Букирева, 15

e-mail: egis@psu.ru; sol1430@gmail.com

Аннотация: Приводится сравнительный анализ двух особо охраняемых природных территорий (ООПТ), основная лесообразующая порода на которых – сосна обыкновенная (*Pinussylvestris*L.). Определены экологические и геохимические показатели антропогенной трансформации экосистем основных лесов. Представлены результаты экологической оценки состояния ООПТ.

Ключевые слова: экосистемы сосновых лесов, флуоресценция хлорофилла, экологическая геохимия, деградация, восстановление.

В настоящее время деградация лесных экосистем под влиянием различного рода антропогенных факторов является актуальной проблемой, которая особенно обостряется на урбанизированных территориях, где природная среда испытывает комплексное повышенное воздействие. Результатом значительной и всевозрастающей антропогенной нагрузки на леса становится утрата их способности выполнять экологические функции.

Антропогенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной и любой другой деятельности людей. Преобразование экосистем вызывается совокупностью экологических и биогеохимических процессов [1].

На сегодняшний день существует множество методов индикации антропогенной трансформации природной среды, однако большинство из них не могут выявить нарушения в экосистеме на ранней стадии изменения ее экологического состояния [2]. Особенно важна информация о влиянии концентраций химических элементов в экосистеме на биологические объекты.

Практически в центре г. Перми расположен охраняемый природный ландшафт местного значения «Черняевский лес», на большей части которой произрастают сосновые леса. Лесные экосистемы испытывают воздействие стандартного набора факторов, характерных для города. Для диагностики их трансформации в качестве фоновой территории использовался охраняемый ландшафт регионального значения «Осинская лесная дача», расположенный в 100 км к юго-западу от г. Перми.

В целях диагностики особенностей антропогенной трансформации экосистем ООПТ выполнены исследования, включающие: измерение флуоресценции хлорофилла хвои сосны, геохимический анализ, ландшафтную индикацию, определение степени деградации экосистем.

На ООПТ предварительно выделялись сосновые типы леса зеленомошной группы для проведения индикационных исследований, которые уточнялись в полевых условиях. На обеих территориях заложено по 30 пробных площадок. Всего отобрано 1640 проб хвои сосны для измерения замедленной флуоресценции хлорофилла (из них 1040 для разработки методики), по 60 проб почвы и хвои сосны для геохимического анализа.

В работе использован метод регистрации относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) с помощью флуориметра «Фотон-10» [2].

На флуоресценцию хлорофилла напрямую влияют абиотические факторы внешней среды, поэтому в рамках работы составлены графики среднего суточного изменения ОПЗФ на исследуемых территориях в зависимости от температуры и влажности воздуха.

В период дневной фотосинтетической депрессии в жаркую и сухую погоду ОПЗФ снижается до 2 на модельном участке в Черняевском лесу и до 4 – в Осинской лесной даче. В утреннее и вечернее время наблюдаются наибольшие отличия. При низких температурах и высокой влажности значительные отличия наблюдаются в период с 10 часов утра до 15 часов дня.

Дневное изменение флуоресценции хлорофилла на модельном участке в Осинской лесной даче принято за фон при оценке фотосинтетической активности ассимиляционных органов сосны обыкновенной на пробных площадках обеих ООПТ.

В среднем по площадкам Осинской лесной дачи значение ОПЗФ меньше на 8% ( $\pm 4\%$ ) от фона. В среднем по площадкам Черняевского леса значение ОПЗФ меньше на 25% ( $\pm 3\%$ ) от фона.

По результатам геохимического анализа выявлены общие геохимические особенности и различия исследуемых территорий. В почвах легкого механического состава Черняевского леса выявлено превышение содержания ряда микроэлементов. Наибольшие отличия обнаружены по Pb, Ag, Zr, Ba, Sn, Sc, Ti, Cr, Zn.

В хвое сосны обыкновенной в Черняевском лесу относительно фоновой территории выявлено значительное накопление Ti, V, Cr, Cu, Ni, Co, Zr, Ga.

По итогам расчета суммарного показателя загрязнения почв в Черняевском лесу на 2 пробных площадках отмечен опасный уровень загрязнения, на 8 – умеренно опасный. Уровень загрязнения почвы на всех пробных площадках в Осинской лесной даче – допустимый.

В целях изучения динамики экосистем ООПТ использовались космические снимки Landsat датой съемки 1975, 1990 и 2010 гг. По результатам дешифрирования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) выделено 5 классов объектов в Черняевском лесу и 6 – в Осинской лесной даче. По каждому классу определена динамика изменений за исследуемый период, выявлены их причины, пространственные и временные характеристики.

Динамика экосистем определена путем анализа выделенных классов и результатов составления карт различий, которые основываются на изменении спектральной яркости изображений.

По результатам дешифрирования ДДЗ на обеих территориях выявлены участки как восстановления растительности, так и ее деградации под влиянием антропогенной деятельности.

В целом в Черняевском лесу с 1975 года преобладает деградация, вызванная строительством различных сооружений, прокладкой инженерных сооружений, обустройством рекреационных зон. Наиболее деградированные участки находятся на периферии, в рекреационных зонах и землях смежного землепользования. Восстановление вызвано естественным возобновлением лиственных пород, в первую очередь березы на лесных полянах.

В Осинской лесной даче преобладает восстановление. Значительные площади вырубок возобновляются как естественным образом (лиственными породами), так и благодаря посадкам хвойных пород. Деградация обусловлена рекреационным воздействием и заболачиванием, во многом вызванным созданием Воткинского водохранилища.

При повышении антропогенной нагрузки изменяется качество природной среды. Экосистемы сосновых лесов трансформируются в сторону деградации. На ранней стадии деградации происходит понижение интенсивности фотосинтеза и продуктивности древесных растений. Изменения обусловлены накоплением ряда микроэлементов в почве и хвое сосны обыкновенной. Выявленный механизм позволил определить не только трансформацию экосистем в целом на ООПТ, но и локальные аномалии.

По итогам исследования составлена методика комплексной диагностики антропогенной трансформации экосистем, которая выполняется в определенной последовательности. Комплексная диагностика включает следующие основные показатели, для определения которых разработаны подробные методические указания:

1. Физиологические:
  - флуоресценция хлорофилла хвои сосны обыкновенной.
2. Геохимические:
  - содержание Pb, Zn, Cu, Mn, Ba и других тяжелых металлов в почве;
  - содержание Ni, Cr, V, Ti, Cu и других тяжелых металлов в хвое сосны обыкновенной;
  - биологическое поглощение V, Ti, Ni;
  - суммарное загрязнение почв.

3. Ландшафтно-индикационные:

- деградиционно-восстановительная фаза экосистем;
- временная динамика биогеоценотического покрова;
- вегетационные особенности растительности, регистрируемые

дистанционно.

Разработанная и апробированная методика несет в себе важное научное и прикладное значение.

По результатам экогеохимической диагностики предложены рекомендации по использованию выделенных индикаторов в экологическом мониторинге и контроле состояния окружающей среды. Для исследуемых ООПТ составлены программы экологического мониторинга.

Проведение рекомендованных природоохранных мероприятий позволит предотвратить или уменьшить вредное воздействие на природную среду. Основой при принятии решений должны служить результаты экологического мониторинга, включающего выявление обратимых функциональных изменений экосистем.

#### ***Библиографический список***

1. Бузмаков С.А. Особо охраняемые природные территории г. Перми: монография / С.А. Бузмаков, Г.А. Воронов [и др.] / под ред. С.А. Бузмакова и Г.А. Воронова; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2012. 204 с.

2. Григорьев Ю.С. К вопросу о методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных / Ю.С. Григорьев, Д.Н. Андреев // Естественные науки. Астрахань, 2012. № 2. С. 36-39.

HUMAN IMPACTS OF PROTECTED AREAS «CHERNYAYEVSKIY LES» AND  
«OSINSKAYA LESNAYA DACHA»  
D.N. Andreev, P.Yu. Sannikov

Abstract: This article provides a comparative analysis of the two protected areas (PAs). *Pinus sylvestris* is the main forest-forming species in these areas. Environmental and geochemical characteristics human impacts of pine forests are defined. The article presents results of PAs environmental assessment.

Keywords: pine forest ecosystems, chlorophyll fluorescence, environmental geochemistry, degradation, restoration.

## **ПРИРОДНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

М.С. Бодня

Астраханский государственный университет  
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20"а"

Аннотация: В статье приводится краткая характеристика алюмосиликатных пород используемых в сфере охраны окружающей среды. Дается характеристика перспективных материалов Астраханской области – опок.

Ключевые слова: адсорбция, цеолиты, сорбенты, алюмосиликатные породы

Основной сферой применения природных сорбентов являются охрана окружающей среды и здоровья населения. Природные сорбенты можно использовать на станциях очистки питьевой воды на крупных водозаборах в населенных пунктах, на участках водоподготовки на предприятиях пищевой промышленности, для очистки от вредных компонентов парогазовых и аэрозольных выбросов в химической промышленности, металлургии и машиностроении. В то же время, такие сорбенты могут решать множество технологических задач в газовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, резиновой, атомной, целлюлозно-бумажной, парфюмерной и др. отраслях промышленности, в сельском хозяйстве.

Наиболее известными природными минеральными сорбентами являются цеолиты - водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных элементов (натрия, калия, кальция, магния и др.).

Цеолиты – минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды.

Химический состав цеолитов в обобщенном виде может быть представлен формулой:  $Mx/n(Al O_2)x*(Si O_2)y* zH_2O$ , где М – катионы с валентностью n (обычно это  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), z – число молекул воды, а отношение y/x может изменяться от 1 до 5 для различных видов цеолитов. Так, например, основной состав природных цеолитов Сокирницкого месторождения в %:  $SiO_2$  – 71,5;  $Al_2O_3$  – 13,1;  $Fe_2O_3$  – 0,9;  $MnO$  – 0,19;  $MgO$  – 1,07;  $CaO$  – 2,1;  $Na_2O$  – 2,41;  $K_2O$  – 2,96;  $P_2O_5$  – 0,033;  $SO_3$  – следы, в качестве микропримесей

содержат: никель, ванадий, молибден, медь, олово, свинец, кобальт и цинк.

В отличие от других алюмосиликатов сходного химического состава, природные цеолиты обладают специфической микропористой жесткой решеткой каркасного типа и характеризуются особыми свойствами цеолитовой воды, которая может быть легко удалена и вновь присоединена без разрушения минерала. Пористая открытая микроструктура цеолитов и предопределяет их полезные свойства: обезвоженные путем нагревания цеолиты приобретают способность адсорбировать молекулы различных веществ, которые по своим размерам не превышают диаметра пор каналов, соединяющих микрополости.

Известно более 30 минеральных видов и разновидностей природных цеолитов. Из них только несколько используются в практике, К цеолитам, имеющим в настоящее время практическое значение, относятся: клиноптилолит, морденит, шабазит; ведутся исследования по определению областей применения филлипсита, анальцима и некоторых других природных цеолитов.

По принятой классификации выделяются богатые цеолитовые руды (содержание в породе более 70 %), средние (50-70 %) и бедные (менее 50 %). Богатые цеолитовые руды по содержанию цеолитов отвечают требованиям, предъявляемым к синтетическим цеолитам, в которых связующая, нецеолитовая часть, составляет 20-30 %. Месторождения, представленные целиком богатыми рудами, редки, чаще всего эти руды слагают отдельные пласты, участки на месторождениях со средними рудами. Месторождения со средними по качеству рудами в России наиболее распространены. Эти материалы могут применяться в тех же технологических процессах, что и богатые руды, но емкость их заметно ниже, чем емкость богатых руд. Бедные цеолитовые руды мало изучены. Однако, по имеющимся данным, они в ряде случаев могут с успехом применяться в цементной промышленности, в качестве мелиорантов, пролонгаторов удобрений, в растениеводстве и т.д.

В качестве альтернативного цеолитам природного сырья следует рассматривать породы, сложенные преимущественно опалом. Это аморфные кремнистые образования с сильно развитыми пористостью и поверхностью, также обладающие сорбционными свойствами. Примером таких пород является сырьё кремнистых пород Каменнорского месторождения Астраханской области - опоки. Опоки относятся к кремнистым природным сорбентам и характеризуются высоким содержанием общего кремнезема до 86 % и

аморфного кремнезема (растворимого в 5% KOH) до 61 %. Опоки, как правило, имеют большие значения мольного соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (до 32) и относительно низкие значения суммарной катионообменной способности (не выше 30 мг-экв).

К настоящему времени на Каменнаярском месторождении (80 км юго-восточнее г. Волгоград) утверждены запасы по категории Р-1 в объеме 200 млн т. Опока Астраханской области, содержит (мас.%):  $\text{SiO}_2$  - 78-80;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 18-22;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 0,5;  $\text{H}_2\text{O}$  - 0,2-0,5;  $\text{CaSO}_4$  - 0,3-0,5;  $\text{CaCO}_3$  - 0,12-0,8. Опоки имеют удельную поверхность  $730 \text{ м}^2/\text{г}$ , объем пор  $0,88 \text{ см}^3/\text{г}$ , радиус пор 55 нм. По результатам рентгеновского количественного фазового анализа (РКФА) установлено, что минеральный состав каменнаярских опок представлен опал-кристобалит-тридимитовой фазой (34-86%), глинистыми минералами (9-19%), кварцем (3-15%), цеолитом (0-17%), полевым шпатом (0-5%). Исследованные породы можно охарактеризовать как опоки слабо глинистые, алевритистые, цеолитистые. В составе опок с разной степенью уверенности идентифицируется два минеральных вида цеолита (клиноптиллолит и филлипсит) [5].

В среднем по месторождению, изученные породы представляют собой довольно плотную алюмосиликатную, цеолитсодержащую породу светло-серого и темно-серого цвета от алевритовой до мелкосаммитовой размерности.

Интерес к изучению именно этих пород связан со следующими факторами:

- относительно высокое содержание оксида алюминия, по сравнению с аналогами, существенно увеличивает их катионообменную емкость (50-75 мг-экв);

- в отличие от цеолитов они являются полифункциональными, то есть их неселективность позволяет использовать их для решения широкого круга экологических задач;

- они не содержат даже следов соединений свинца, кадмия, мышьяка, бериллия, что отрицает возможность дополнительного загрязнения окружающей среды тяжелыми токсичными металлами.

В настоящее время уже накоплен значительный теоретический и эмпирический материал, подтверждающий значительный потенциал использования опок в различных сферах жизни общества, особенно в технологиях охраны окружающей среды [1-5]. Анализ вышеуказанных публикаций позволяет сделать обнадеживающий вывод и о перспективах использования опок для ремедиации техногенно-загрязненных почв.

### *Библиографический список*

1. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов [Текст] / Н. М. Алыков [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. - 2010. - N 4. - С. 17-20. - ISSN 1684-6435
2. Изучение сорбции флокулянтов на сорбенте СВ-1-А [Текст] / Н. М. Алыков, Е. Ю. Шачнева // Безопасность жизнедеятельности. - 2010. - N 8. - С. 39-42. - ISSN 1684-6435
3. Адсорбция из воды ионов железа, кобальта, никеля, цинка, кадмия, хрома, свинца, ртути сорбентом ОБР-1 [Текст] / Н. М. Алыков [и др.] // ЭКиП: Экология и промышленность России. - 2011. - N 9. - С. 26-28. - ISSN 1816-0395
4. *Алыков, Н.М.* Очистка воды природным сорбентом [Текст] / Н. М. Алыков, А. С. Реснянская // ЭКиП: Экология и промышленность России. - 2003. - N 2. - С. 12-13.
5. *Алыкова, Т.В.* Моделирование механизмов адсорбции ряда органических веществ на алюмосиликатах [Текст] / Т. В. Алыкова, Н. М. Алыков, И. И. Пашенко, И. И. Воронин, Н. Н. Алыков // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2003. - Т. 46, N 6. - С. 31-34.

#### NATURAL ALUMINOSILICATE MATERIALS ASTRAKHAN REGION: POTENTIAL APPLICATIONS IN ENVIRONMENTAL PROTECTION

M.S. Bodnya

Astrakhan state university, 414056, Astrakhan, st. Tatishchev, 20 "a"

Abstract: The article provides a brief description of aluminosilicate rocks used in the field of environmental protection. The characteristics of advanced materials Astrakhan region - flasks.

Keywords: adsorption, zeolites, sorbents, aluminosilicate rocks

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ НАРУШЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

М.А. Глыбина

Союз охраны птиц России, 603001, г. Нижний Новгород,

ул. Рождественская, д.16Д

e-mail: sopr@dront.ru

*Научный руководитель – председатель Нижегородского отделения  
СОПР, к.б.н. С.В. Бакка*

Аннотация: В статье рассматривается опыт применения ГИС-технологий для оценки антропогенной нарушенности лесных экосистем Нижегородской области. Приводятся примеры исследований, где использовалась разработанная методика.

Ключевые слова: ГИС-технологии, ArcViewGIS, дешифровка космических снимков, антропогенный нарушения, малонарушенные территории.

В природоохранной деятельности актуальна проблема оценки антропогенной нарушенности природных экосистем. До недавнего времени методики комплексного решения этой задачи не существовало. Развитие ГИС-технологий позволило осуществлять пространственный анализ геосистем и проведение точной оценки степени нарушенности любой природной экосистемы путем дешифровки космических снимков.

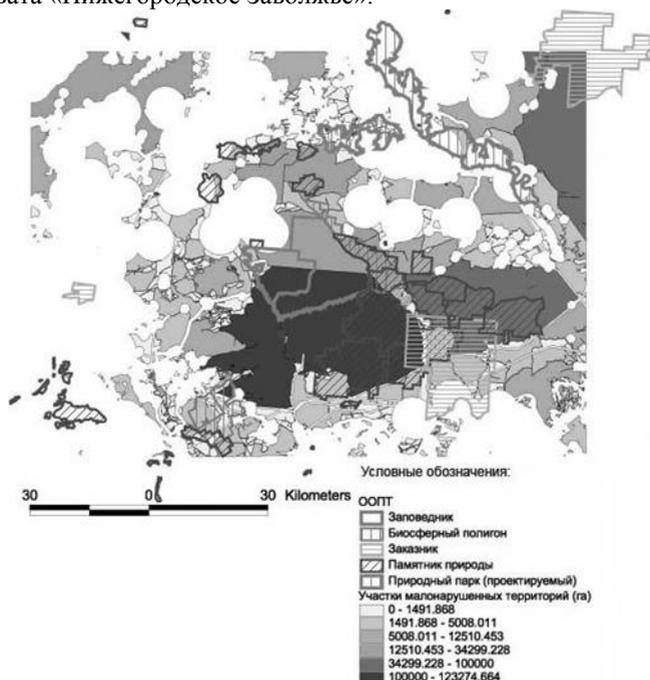
На космоснимке в программе ArcViewGIS 3.2 были выявлены антропогенные (автомагистрали, грунтовые дороги, ЛЭП, населенные пункты) и природно-антропогенные (агрolandшафты и т.п.) объекты. Т.к. различным типам нарушений соответствуют разные масштабы влияния на экосистемы, буферные зоны строятся разного размера. Данные для их выделения были интегрированы из подходов к определению малонарушенных территорий А.Ю. Ярошенко и др. [1] и А.С. Паженкова и др. [2] с учетом данных разных авторов о влиянии объектов антропогенной инфраструктуры на элементы экосистем. Для лесных экосистем Нижегородского Заволжья установили следующие размеры буферных зон: для грунтовых дорог – 50 м, ЛЭП – 250 м, автомагистрали – 500 м, малые – 1 км и крупные населенные пункты – 5 км. С помощью модуля XTools векторная карта лесных земель территории была разрезана векторными картами буферных зон и ранжировалась по площади кластеров. Это позволило выделить наименее нарушенные участки территорий. Далее полученный

материал можно использовать для различных исследований природных экосистем, разработки природоохранных задач и принятия управленческих решений.

Данная методика была опробована нами на территории Нижегородской области. Был проведен ГИС-анализ территории деятельности биосферного резервата «Нижегородское Заволжье» и оценена антропогенная фрагментированность ПТК «Северное Заволжье». Это позволило проанализировать полноту существующей экологической сети и предложить конкретные меры по совершенствованию территориальной охраны малонарушенных южнотаежных лесов области.

Анализ антропогенной инфраструктуры территории деятельности биосферного резервата «Нижегородское Заволжье» показал, что среди линейных объектов отчетливо преобладают грунтовые дороги с узкими зонами влияния. На западе исследуемой территории выделяется сплошной массив буферных зон населенных пунктов, в северной части более фрагментарный и разреженный (рис.1). Лишь с восточной стороны концентрация буферных зон минимальна и здесь имеется экологический коридор, связывающий биосферный резерват с остальной территорией Нижегородской и прилегающих областей. В результате ранжирования полученных кластеров было установлено, что на территории биосферного резервата Нижегородское Заволжье сохранился лишь один массив, площадью более 100 тыс. га и 9 массивов площадью от 10 тыс. до 100 тыс., а остальная территория очень сильно фрагментирована. В результате пространственного анализа полученной нами векторной карты малонарушенных лесных территорий и карты ООПТ получены данные о степени территориальной охраны малонарушенных территорий. Она составила 48%. Наиболее крупные участки ненарушенных лесных территорий включены в западные и восточные части массива Камско-Бакалдинских болот. Самый большой из них (западный), по степени нарушенности антропогенной инфраструктурой, по общероссийским критериям [2] может быть отнесен к малонарушенным лесным сообществам. Эта территория является частью водно-болотного угодья международного значения, в соответствии с Рамсарской конвенцией, ключевой орнитологической территории мирового значения – Камско-Бакалдинские болота. Она имеет высокую степень территориальной охраны (55%). На этой территории расположены федеральные (ГПБЗ Керженский, биологический заказник Михайловский) и региональные особо охраняемые природные территории. Но, не смотря на это, большая

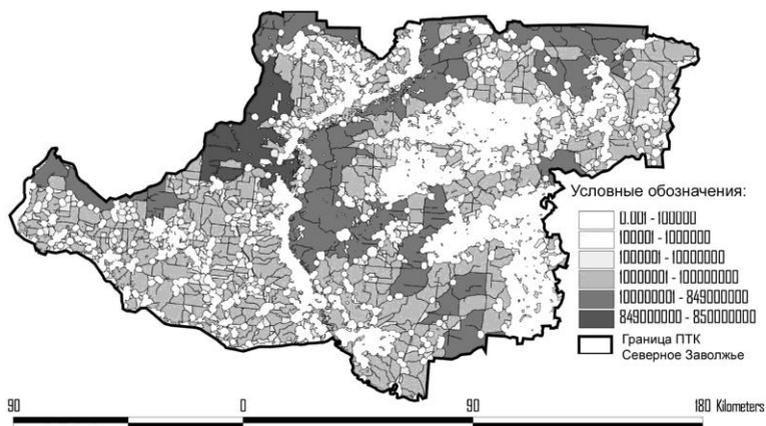
часть сохранившихся малонарушенных участков лесов не имеет охраны. Поэтому необходимы срочные меры по дальнейшему расширению сети ООПТ на территории деятельности биосферного резервата «Нижегородское Заволжье».



*Рис. 1. Фрагментированность территории деятельности биосферного резервата «Нижегородское Заволжье» с сетью ООПТ*

По изложенной методике также была выявлена антропогенная фрагментированность территории ПТК Северное Заволжье. Из объектов инфраструктуры здесь также преобладают грунтовые дороги с узкими зонами влияния. Но почти по диагонали через всю территорию проходит асфальтированная магистраль регионального значения Нижний Новгород – Киров. Выяснено, что сохранившиеся природные (лесные) экосистемы составляют 62% его площади. В целом территория сильно фрагментирована (рис.2), около половины участков имеют площадь менее 1 км<sup>2</sup>. Площадь наиболее крупного фрагмента составляет лишь 85 тыс. га. Распределение малонарушенных участков по территории Северного Заволжья неравномерно, сгущения их характерны для границ области. Территориальная охрана сохранившихся природных экосистем

невелика – всего 10% всей площади ПТК (16% от общей площади сохранившихся природных экосистем). Выявлено три крупных участка природных экосистем на исследуемой территории, не входящих в состав существующих и проектируемых ООПТ. Таким образом, был сделан вывод о целесообразности дальнейшего расширения экологической сети Северного Заволжья и необходимости взятия под охрану в качестве памятников природы областного значения крупных неохраняемых фрагментов, предварительно проведя полевое обследование для установления их состояния.



**Рис. 2. Фрагментированность природных экосистем ПТК «Северное Заволжье»**

Результаты обоих исследований используются для дальнейшего изучения территорий и применяются в ходе реализации Областных Стратегии и Плана действий по сохранению биоразнообразия.

### **Библиографический список**

1. Паженков А.С., Смелянский И.Э., Трофимова Т.А., Карякин И.В. Экологическая сеть Республики Башкортостан. М: IUCN, 2005. – 188с.
2. Ярошенко А.Ю., Потапов П.В., Турубанова С.А. Малонарушенные лесные территории Европейского Севера России. М.: Гринпис России, 2001. – 75с.

GIS APPLICATION TO THE ASSESSMENT OF NATURAL ENVIRONMENT  
DEGRADATION

М.А. Glybina

Russian Bird Conservation Union, 603001, Nizhny Novgorod, street Rozhdestvenskaya, 16D  
e-mail: sopr@dront.ru

Abstract: The article analyses a bulk of experience in using GIS technology to assess degradation of forests caused by human activity in Nizhny Novgorod region. The article features a few examples of assessment projects that employed a technique developed by the authors.

Keywords: GIS, ArcView GIS, satellite images analyses, human impact, intact natural environments.

УДК 502.52:502.175(470.51)(045)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ Г. ИЖЕВСКА**

А.Н. Журавлева

Удмуртский государственный университет,  
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1  
e-mail: shan-81@mail.ru

Аннотация: На основании изменения основных морфометрических параметров проростков тест-культур дается оценка токсичности почв различных категорий городских насаждений г. Ижевска.

Ключевые слова: городские почвы; городские насаждения; тест-культура; фитотестирование.

Для характеристики экологического состояния почв помимо физических и агрохимических показателей большое значение имеет оценка степени их токсичности для растений. В связи с этим растет интерес к биологическим тест-методам, которые способны интегрально и оперативно при наименьших затратах дать токсикологическую оценку природных и техногенных сред [1, 2, 3, 4].

Фитотестирование используется не только как способ токсикологической оценки сред, но и при проведении мониторинговых исследований в условиях техногенной нагрузки. Применение высших растений в качестве фитотеста основано на чувствительности растений к экзогенному воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках.

В качестве тест-культур использовались: семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.) (сорт Анюта), семена тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.). Субстратом для проращивания являлись почвы, отобранные в насаждениях различных категорий г. Ижевска: санитарно-защитные зоны крупных промышленных предприятий

(ОАО «Автозавод», ОАО «Завод Пластмасс»), примагистральные посадки – ул. Кирова и Новоажимова, контроль – почвенные пробы, взятые на территории городского бульвара им. Н.В. Гоголя и ветрозащитной лесополосы в 90 км от черты г. Ижевска.

Нами проведена оценка влияния образцов почвенных проб исследуемых категорий насаждений на рост корневой системы и надземной части проростков. Сравнение и анализ морфометрических показателей проростков выявил различия в реакции тест-культур на токсическое действие почв.

Наименее вариативным из всех измеренных нами параметров у проростков пшеницы оказалось число корней (табл. 1).

Таблица 1

**Морфометрические показатели проростков пшеницы сорта «Анюта» при тестировании почв районов исследования (на 18 сутки после посева)**

Морфометрические параметры	Районы исследований					
	ЗУК <sup>1</sup>		СЗЗ <sup>2</sup> предприятий		примагистральные посадки	
	ветрозащитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пластмасс	ул. Кирова	ул. Новоажимова
число корней, шт.	4,8±0,1 4,6..5,0 <sup>4</sup>	4,8±0,1 4,6..5,0	4,9±0,1 4,8..5,0	4,9±0,1 4,7..5,0	5,0±0,1 4,9..5,1	4,9±0,1 4,8..5,0
длина корней, мм	159±3 152..165	171±3 165..179	180±4 172..188*	191±3 184..197*	177±3 171..182*	92±3 87..97*
высота надземной части побега, мм	149±5 138..160	127±6 116..139	160±5 150..170	196±5 185..207*	208±5 199..219*	196±5 185..206*

Примечание: ЗУК<sup>1</sup> – зоны условного контроля; СЗЗ<sup>2</sup> – санитарно-защитные зоны; 3 – среднее значение признака ± ошибка среднего; 4 – доверительный интервал для среднего; \* – достоверные различия (при P<0,05).

Измерения длины корней у проростков пшеницы показали достоверное увеличение данного параметра в почвах насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий Автозавод и завод Пластмасс, примагистральных посадок ул. Кирова. Длина корней у проростков пшеницы, выращенных в почвах примагистральных посадок ул. Новоажимова, оказалась достоверно ниже аналогичного показателя проростков ЗУК (ветрозащитная лесополоса). Достоверность уменьшения длины корней статистически подтверждена. Согласно СП 2.1.7.1386-03, фитотоксическое действие считается доказанным, если в эксперименте зафиксирован фитотоксический эффект – статистически достоверное торможение

роста корней проростков растений под влиянием водного экстракта отхода. Исследования фитотоксичности почв мы проводили без использования водной вытяжки, но при этом нами так же фиксируется фитотоксический эффект в почвах примагистральных посадок ул. Новоажимова.

Высота надземной части побегов пшеницы достоверно выше у проростков, выращенных в почвах насаждений примагистральных посадок ул. Кирова и Новоажимова, СЗЗ завода Пластмасс. Увеличение высоты надземной части побега, на наш взгляд, связано с перераспределением процессов роста в результате интенсивной техногенной нагрузки.

Основные морфометрические параметры проростков тимофеевки луговой представлены в табл. 2. У тимофеевки луговой во всех вариантах опыта отмечается уменьшение высоты надземной части побега, но достоверно меньшие показатели высоты побега отмечены для почв насаждений СЗЗ промышленного предприятия завод Пластмасс и примагистральных посадок ул. Новоажимова.

**Таблица 2**  
**Морфометрические показатели проростков тимофеевки луговой при тестировании почв районов исследования (на 18 сутки после посева)**

Морфометрические параметры	Районы исследований					
	ЗУК <sup>1</sup>		СЗЗ <sup>2</sup> предприятий		примагистральные посадки	
	ветрозащитная лесополоса	бульвар им. Н.В. Гоголя	Автозавод	завод Пластмасс	ул. Кирова	ул. Новоажимова
число корней, шт.	1,2±0,1 1,0..1,4	1,1±0,1 1,0..1,2	1,0±0,0	1,2±0,1 1,0..1,3	1,2±0,1 1,0..1,3	1,2±0,1 1,0..1,4
длина корней, мм	25±1 22..27	28±1 26..30	24±1 21..26	25±2 21..28	25±1 23..28	30±1 27..32*
высота надземной части побега, мм	45±3 39..51	38±2 34..43	36±2 32..40	34±2 30..38*	39±2 35..43	30±2 26..34*

Примечание: ЗУК<sup>1</sup> – зоны условного контроля; СЗЗ<sup>2</sup> – санитарно-защитная зоны; 3 – среднее значение признака ± ошибка среднего; 4 – доверительный интервал для среднего; \* – достоверные различия (при P<0,05).

Измерения длины корней проростков тимофеевки луговой не выявили достоверных отличий при фитотестировании почвенных образцов насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий и примагистральных посадок ул. Кирова. Только в почвах насаждений примагистральных посадок ул. Новоажимова данный показатель был достоверно выше, чем в ЗУК.

Таким образом, у проростков обеих тест-культур под влиянием почвенных условий наблюдается изменение основных морфометрических параметров (меняется соотношение длины корней и высоты надземной части побега), что свидетельствует о токсическом действии почв на ранних этапах роста проростков.

Исходя из результатов проведенного фитотестирования наиболее измененными и экологически неблагоприятными являются почвы вдоль ул. Новоажимова, к ним приближаются почвы санитарно-защитной зоны промпредприятия Автозавод.

Проведенные нами исследования позволяют использовать результаты фитотестирования почв в качестве одного из критериев оценки степени техногенной трансформации почвенного покрова, а также при подборе ассортимента газонных растений для создания и реконструкции городских насаждений.

#### ***Библиографический список***

1. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мягкова А.Д., Курбатова А.С. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006. №5. С. 603-615.

2. Кулаковская Т.В. Использование метода фитотестирования для оценки экологического состояния городских почв г. Минска // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы озеленения крупных городов». М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 173-175.

3. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: Основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. Вып. 13, №1. С. 1-18.

4. Прусаченко А.В. Экотоксикологическая оценка загрязнений тяжелыми металлами урбаноземов города Курска: Автореф. дис. на соиск. учен.ст. канд. биол. наук. Москва, 2011. – 20 с.

5. СП 2.1.7.1386-03 Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления.

#### **USE OF THE METHOD OF PHYTOTESTING FOR THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF SOILS IZHEVSK**

A.N. Zhuravleva

Udmurt State University, 426034, Izhevsk, Universitetskaya, str., 1

e-mail: shan-81@mail.ru

Abstract: On the basis of the changes of the main morphometric parameters of seedlings test-cultures provides an assessment of the toxicity of soils of different categories of urban plantings of the city of Izhevsk.

Keywords: urban soils; urban plantings; test-culture; phytotesting.

УДК 574.24:581.522.4:577.151.042

## ИЗУЧЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ Г.САРАТОВА

З.А. Симонова (Забродина), М.С. Ильясова  
Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
e-mail: zabrodinaza@rambler.ru

Аннотация: В работе определена активность пероксидазы в листьях древесных растений, произрастающих в различных районах г.Саратова. Установлена сезонная динамика активности данного фермента под влиянием негативных факторов городской среды. Выявлено, что *Populus pyramidalis* являются более устойчивым к негативным факторам городской среды по сравнению с *Betula pendula*.

Ключевые термины: адаптационные свойства, древесные растения, *Populus pyramidalis*, *Betula pendula*, активность пероксидазы, городская среда

Город Саратов представляет собой природно-антропогенное образование с интенсивно используемыми территориями. Это делает необходимым решение задач эффективного научно-обоснованного экологического его обустройства. По мнению большинства исследователей стабилизировать городскую среду возможно лишь путем поддержания на высоком уровне жизнедеятельности растений, и в большей степени деревьев. Однако современные промышленные центры остро нуждаются в реконструкции древесных насаждений. Важным аспектом данной проблемы является подбор видов деревьев с высоким адаптивным потенциалом.

Особенности адаптивных реакций растений можно выявить с использованием физиолого-биохимических показателей, в частности, путем определения активности окислительных ферментов деревьев, произрастающих в условиях различной антропогенной нагрузки.

Целью нашей работы являлось выявление адаптационных особенностей древесных растений, образующих основу растительных насаждений г. Саратова. Для решения поставленной цели нами исследовалась сезонная динамика активности пероксидазы в листьях древесных растений, произрастающих в различных условиях городской среды.

В качестве объекта исследования были выбраны береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis*), произрастающие в различных по степени антропогенной нагрузки районах города. Районы исследований были определены по результатам химических анализов атмосферного воздуха и расположены в местах оживленного транспортного движения и вблизи крупных промышленных предприятий г. Саратова. Активность пероксидазы в листьях древесных растений определяли в течение нескольких вегетационных периодов с помощью фотометрического метода по окислению бензидаина [1].

Обобщение данных различных вегетационных периодов (2008 – 2012 гг.) позволяет нам говорить о вполне отчетливо выраженном характере временной динамики содержания пероксидазы в листьях *B. pendula* и *P. pyramidalis*.

В начале вегетационного периода (первая-вторая декада мая) содержание этого фермента достигает весеннего максимума, как в листьях березы, так и в листьях тополя, что соответствует активным ростовым и метаболическим процессам в формирующихся листовых пластинках.

Наиболее высокие показатели активности пероксидазы в мае в листьях *B. pendula* были зафиксированы на участках, являющихся крупными транспортными узлами города, для которых характерно максимальное скопление автотранспорта в течение дня. Растения в этих районах испытывают постоянное негативное воздействие выхлопных газов автомобилей, которые содержат  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , являющиеся кислыми газами.

Как известно, кислые газы на свету инициируют возникновение свободно радикальных цепных реакций окисления, в ходе которых образуются органические перекиси, используемые пероксидазой в качестве источника активного кислорода [2]. Известно, что с повышением активности пероксидазы усиливаются ее оксидазные свойства, следовательно, в условиях действия может преобладать функционирование пероксидазы как терминальной оксидазы.

У *P. pyramidalis* в начале вегетационного периода наибольшей активностью фермента обладали деревья, произрастающие в зоне влияния крупных химических предприятий г. Саратова. Скорее всего, увеличение активности пероксидазы на этих участках обусловлено выбросами предприятий, среди которых в большом количестве содержатся органические соединения, являющиеся хорошими субстратами для пероксидазы. Выбросы автотранспорта

существенного значения на активность пероксидазы в листьях тополей не оказывали.

Однако следует отметить, что по сравнению с березой тополя с начала вегетационного периода обладают повышенной активностью фермента: активность пероксидазы у тополей в 10 раз превышает активность этого же фермента у березы.

В конце вегетационного периода (первая – вторая декада сентября) в листьях березы отмечается обратное изменение активности пероксидазы – в тех районах, где она была повышенной в мае, в сентябре становится пониженной, и наоборот.

В целом, активность пероксидазы в листьях березы за вегетационный период понижается в 7 раз. Это можно объяснить тем, что растения, произрастающие в условиях постоянного воздействия автомобильного транспорта, в течение всего вегетационного периода находятся в состоянии стресса. В результате их адаптационные способности, обусловленные активацией оксидаз, оказываются сведенными до минимума. Кроме того, следует учитывать, что в конце вегетационного периода метаболическая активность растений угасает, и они готовятся к периоду зимнего покоя.

В листьях тополей в конце вегетационного периода отмечается, наоборот, небольшое увеличение пероксидазной активности, что свидетельствует об их устойчивом характере приспособления к негативным факторам.

В конце вегетационного периода пероксидазная активность в листьях тополя в 87 раз превышает таковую в листьях березы. Данный факт свидетельствует о том, что тополя являются более устойчивыми к негативным факторам городской среды, и, следовательно, обладают относительно высокими адаптационными способностями. Кроме того, следует отметить, что растения с повышенной пероксидазной активностью характеризуются и повышенной фотосинтетической активностью, что имеет важное значение для создания биологической продукции [2].

Таким образом, результаты нашей работы показали, что в течение всего вегетационного периода древесные растения пытаются противостоять неблагоприятным условиям городской среды за счет активации антиоксидантных ферментов, в частности пероксидазы. У одних растений (*B. pendula*) к концу вегетационного периода адаптационные свойства оказываются сведенными до минимума, в результате чего они снижают свою продуктивность, резко уменьшается их вклад в поглощение углекислого газа и выделение кислорода. Другие растения (*P. pyramidalis*) оказываются более

устойчивыми, обладают повышенной пероксидазной активностью, что свидетельствует об их защитном механизме.

### **Библиографический список**

1. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: «Колос», 1976. – 256 с.
2. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений. М.: Наука, 1988. – 359 с.

STUDY OF ADAPTIVE POTENTIAL TREES USED FOR SARATOV GREENING

Z.A. Simonova (Zabrodina), M.S. Ilysova

Saratov state technical university, Russia, 410054, Saratov, st. Polytechnicheskaya, 77,  
e-mail: zabrodinaza@rambler.ru

Abstract: Peroxidase activity of tree leaves growing in the different areas of Saratov was determined. It was established seasonal dynamics of peroxidase activity due to negative factors of urban environment. *Populus piramidalis* are more resistant to negative environmental factors compared with *Betula pendula*.

Key words: adaptive properties, trees, *Populus piramidalis*, *Betula pendula*, peroxidase activity, urban environment

УДК 504.062:379.8 (571.66)

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ К РЕКРЕАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ Р. ГЕЙЗЕРНОЙ, КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК, КАМЧАТКА)**

А.В. Завадская<sup>1</sup>, В.М. Яблоков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник», Камчатский край,  
e-mail: anya.zavadskaya@gmail.com

<sup>2</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва,  
e-mail: vasily.yablokov@gmail.com

Аннотация: В работе представлены результаты оценки потенциальной устойчивости к рекреационным воздействиям редких и уникальных ландшафтов гидротермальных систем, а также обоснованы методы картографирования их рекреационной устойчивости на основе структуры растительного покрова. Для модельной территории (долины р. Гейзерной, Камчатский край) составлена крупномасштабная (1:2000) ландшафтно-рекреационная карта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, в рамках научных проектов №№ 12-04-00272, 12-05-90812.

Ключевые слова: термальные экосистемы, рекреационные воздействия, Камчатка, охраняемые территории, рекреационная устойчивость.

Определение устойчивости природно-территориальных комплексов (ПТК) к рекреационным нагрузкам является одной из наиболее сложных эколого-географических проблем. До сих пор нет достаточно надежной методики ее измерения для нужд рекреационного освоения. Тем не менее, выявление данной величины составляет научно-методическую основу разработки территориально-планировочной структуры рекреационного природопользования и особенно актуально в отношении экосистем, обладающих высокой природоохранной ценностью и международной значимостью.

Интразональные термальные ландшафты, формирующиеся в местах разгрузки гидротермальных систем, обладают рядом особенностей, существенно отличающих их от зональных ПТК. Объединяя в себе высокие эстетические качества, научно-познавательную ценность и лечебно-оздоровительные свойства, рассматриваемые ландшафты издавна испытывали высокие рекреационные нагрузки. В Камчатском крае в настоящее время данные ПТК включают около 35% популярных рекреационных объектов региона, а в структуре отдыха местного населения (по результатам социологического опроса) их доля составляет почти 50%.

Необходимость охраны ПТК гидротермальных систем Камчатки и их отдельных компонентов подчеркивается многими исследователями [1, 3, 4, 6, 7, 8]. Однако, несмотря на формально закрепленный за большинством объектов природоохранный статус (около 80% их расположены в пределах ООПТ), отсутствие научно-обоснованного планирования и регулирования уровня рекреационного использования рассматриваемых ПТК приводит к их существенной трансформации. По нашей оценке, более половины термальных источников Камчатки затронуты рекреационным воздействием различной степени интенсивности [1].

ПТК гидротермальных систем характеризуются крайне низкой устойчивостью к антропогенным, в том числе рекреационным, воздействиям [3, 6, 7 и др.]. Однако внутри данных ландшафтов потенциальная устойчивость слагающих их типологических единиц более низкого ранга может варьировать в ту или иную сторону достаточно резко.

Изучение рекреационной устойчивости ПТК гидротермальных систем проведено нами на примере участка (общая площадь 0,15 км<sup>2</sup>) долины р. Гейзерной с наиболее эффектными термальными ПТК мирового значения, традиционно используемыми в эколого-просветительской деятельности.

На основе детальных полевых исследований нами была создана серия крупномасштабных (1:2000) тематических карт (температуры почв, геоботаническая, почвенная, уклонов и др.). Используя различные критерии и показатели [10, 11 и др.], для компонентов ПТК разработаны шкалы их устойчивости к рекреационным нагрузкам. Интегральная рекреационная устойчивость ПТК определена путем сопряженного анализа полученных покомпонентных карт устойчивости в пакете ArcGIS на основе сеточной модели с ячейкой размером 2×2 м. Устойчивость оценена в относительных единицах, за единицу принята наибольшая устойчивость ландшафтов изучаемой территории (рис. 1).

Наши исследования показали, что особая роль в устойчивости рассматриваемых ПТК принадлежит термальному фактору. Сравнение карты термальных полей, составленной нами на основе методов ландшафтной индикации [2, 9], с покомпонентными и интегральной картами устойчивости выявило корреляцию зон повышенной температуры с участками пониженной устойчивости ПТК к рекреационным нагрузкам (рис. 1, табл. 1). Это позволило сделать вывод о ведущей роли температурного фактора в устойчивости ПТК гидротермальных систем к рассматриваемому типу антропогенных воздействий.

*Таблица 1*

**Корреляционные зависимости рекреационной устойчивости ПТК долины р. Гейзерной и температуры почв на глубине 0,5 м**

Показатель		Частные оценки устойчивости				Интегральная устойчивость	Температура
		растительность	почвы	гигротоп	склон		
Покомпонентная устойчивость	растительность	1,00	0,72	0,88	0,39	0,98	<b>-0,87</b>
	почвы	0,72	1,00	0,56	0,16	0,71	<b>-0,81</b>
	гигротоп	0,88	0,56	1,00	0,21	0,86	<b>-0,52</b>
	склон	0,39	0,16	0,21	1,00	0,37	<b>-0,31</b>
Интегральная устойчивость		0,98	0,71	0,86	0,37	1,00	<b>-0,91</b>
Температура почв		<b>-0,87</b>	<b>-0,81</b>	<b>-0,52</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,91</b>	<b>1,00</b>

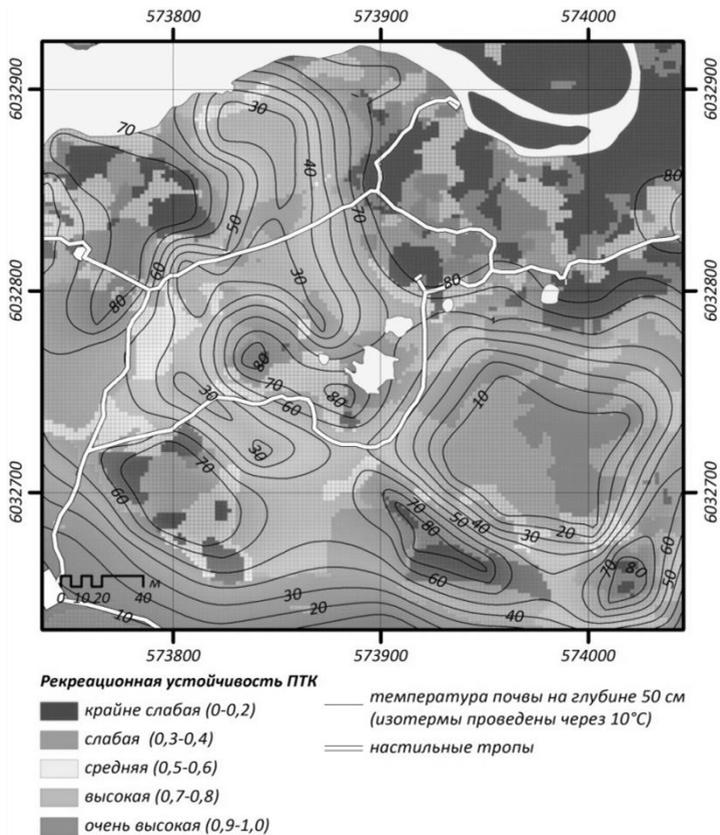


Рис. 1. Интегральная оценка рекреационной устойчивости ПТК долины р. Гейзерной, сопряженная с характеристиками термальных полей

Дальнейший анализ показал, что в распределении ПТК гидротермальных систем разной устойчивости наблюдается зависимость от температурных условий. По данным параметрам рассмотренные ПТК дифференцируются на 5 групп. *Максимальной устойчивостью* обладают зонально-поясные ПТК, приуроченные к участкам с фоновыми температурами (23% площади исследуемого района). *Высокая устойчивость* характерна для ПТК, близких по структуре растительного покрова к зонально-поясным, на слоисто-пепловых гидротермально измененных почвах с температурами 20–30°C (30%). *Средней устойчивостью* характеризуются ПТК с измененными

зональными и термофильными сообществами (в том числе с присутствием редких видов – *Ophioglossum thermale*, *Bidens kamtschatica*, *Lycopus uniflorus*, *Spiranthes sinensis* и др.) на гидротермальных почвах с температурами 30–45°C (11%). ПТК, расположенные в температурном диапазоне 45–70°C, в состав сообществ которых входят облигатные термофилы, внесенные в Красную книгу Камчатки (*Agrostis geninata*, неэндем полуострова *Fimbristylis ochotensis* и др.), обладают *слабой* рекреационной *устойчивостью* (20%). Наименее устойчивы к рекреационным нагрузкам уникальные ПТК, на высокотемпературном (70–95°C) субстрате, с примитивным почвенным и растительным покровом, или вмещающие моховые сообщества, группировки *Agrostis geninata* и фрагменты формации *Fimbristyleta ochotensis* (16%).

Выявленная дифференциация рассмотренных ПТК позволила сформировать рекомендации по оптимизации территориальной структуры рекреационного природопользования на данном уникальном объекте, а также сформировать систему мероприятий по охране термальных ПТК в условиях рекреационного использования.

#### **Библиографический список**

1. *Завадская А.В.* Геоэкологические аспекты развития рекреационного природопользования на особо охраняемых природных территориях камчатского края: автореферат дис. ... кандидата географических наук: 25.00.36.. – М.: геогр. ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012. – 27 с.

2. *Завадская А.В., Яблоков В.М., Прозорова М.В.* Геоинформационное картографирование термальных полей по структуре растительного покрова (на примере долины р. Гейзерной) // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Выпуск 2 / Отв. ред. В.И. Мосолов. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. – С. 103–119.

3. *Иванов А.Н., Валебная В.А., Чижова В.П.* Проблемы рационального использования ООТ (на примере Долины Гейзеров) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1995. Вып.6. – С.68–74.

4. *Нешатаева В.Ю.* Растительные группировки окрестностей горячих ключей // Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка). Труды ботанического института им. В.Л. Комарова. – СПб., 1994. – С.197–200.

5. Оценка состояния и устойчивости экосистем. – М.: ВНИИприрода, 1992. – 127 с.

6. *Рассохина Л.И., Чернягина О.А.* Фитоценозы термалей Долины Гейзеров // Структура и динамика растительности и почв в заповедниках РСФСР. – М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР. 1982. –С.51-62.

7. *Чернягина О.А.* Флора термальных местообитаний Качатки // Тр. КИЭП ДВО РАН. Вып.1. – Петропавловск–Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. – С.198–228.

8. *Чернягина О.А., Кириченко В.Е.* Термальные ключи Камчатки как места обитания видов растений занесенных в «Красные Книги» России и региона // Материалы ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога. – Петропавловск–Камчатский: Изд-во ИВиС ДВО РАН, 2007. – С.247–255.

9. *Яблоков В.М., Завадская А.В.* Геоинформационное моделирование термальных полей долины р. Гейзерной (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 17: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции. Белокуриха, Денпасар, 14–19 декабря 2011 г. – Барнаул: ИВЭП, 2011. – С. 333–341.

10. *Cole D.N.* Experimental trampling of Vegetation. II. Predictors of Resistance and Resilience // *Journal of Applied Ecology*. 1995. V.32. – P.215–224.

11. *Hammitt W.E., Cole D.N.* Wildland recreation: ecology and management, 2nd ed. – New York: John Wiley, 1998. – 361 p.

#### RECREATIONAL DURABILITY OF THERMAL ECOSYSTEMS (ON EXAMPLE OF THE VALLEY OF GEYSERS, KRONOTSKY RESERVE, KAMCHATKA)

Anna Zavadskaya<sup>1</sup>, Vasily Yablokov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kronotsky State Natural Biosphere Reserve, Kamchatka, Russia  
e-mail: anya.zavadskaya@gmail.com

<sup>2</sup>Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia  
e-mail: vasily.yablokov@gmail.com

Abstract: The paper is devoted to our research of durability of unique thermal ecosystems to recreational impacts and presents our findings in methodology of its mapping based on the structure of vegetation cover. The study is implemented on example of the famous Valley of Geysers (Kronotsky Reserve, Russian Far East), for which a series of large-scale maps, as well as a large-scale (1:2000) landscape recreational map has been created.

The study has been supported by RFBR, research projects № № 12-04-00272, 12-05-90812.

Keywords: thermal ecosystems, recreational impacts, Kamchatka, protected areas, recreational durability.