

На правах рукописи



Павлова Ксения Сергеевна

**ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ
НЕОРГАНИЗОВАННОГО МАССОВОГО ОТДЫХА НА
ТЕРРИТОРИИ КАТУНСКОГО РЕКРЕАЦИОННОГО
РАЙОНА (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)**

25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Барнаул – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН),
в Горно-Алтайском филиале

Научный руководитель:

Робертус Юрий Владимирович,
кандидат геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты:

Барышников Геннадий Яковлевич,
доктор географических наук, профессор, ФГБОУ
ВПО "Алтайский государственный университет",
декан географического факультета, заведующий
кафедрой природопользования и геоэкологии,
(г. Барнаул),

Собчак Раиса Олеговна,
кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ
ВПО "Горно-Алтайский государственный
университет", профессор кафедры ботаники,
зоологии, экологии и генетики, (г. Горно-Алтайск)

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образо-
вательное учреждение высшего образования "Национальный исследова-
тельский Томский государственный университет" (г. Томск)

Защита состоится 1 октября 2015 года в 16:00 на заседании диссертацион-
ного совета Д 003.008.01 при ФГБУН Институт водных и экологических
проблем СО РАН по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУН Институт вод-
ных и экологических проблем СО РАН и на сайте www.iwep.ru

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, подписанные и заверенные пе-
чатью организации, просим высылать по адресу: 656038, г. Барнаул, ул.
Молодежная, 1, Диссертационный совет. Тел./факс: +7(3852) 24-03-96, элек-
тронный адрес института: iwep@iwep.ru

Автореферат разослан " ____ " июля 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент



Рыбкина И.Д.

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Развитие массовых видов отдыха и туризма – один из приоритетов социально-экономического развития Республики Алтай (РА). Их локализация в горно-долинных ландшафтах является основным фактором ускоренной деградации природных комплексов водоохранных зон рек Катунь, Бия, озер Телецкое, Манжерокское и др.

Наиболее неблагоприятная экологическая обстановка складывается в интенсивно используемой для целей рекреации водоохранной зоне р. Катунь, в ее нижнем течении (Майминский и Чемальский районы РА), выделяемой исследователями в качестве Катунского рекреационного района (КРР), где в последние годы отдыхает до 1 миллиона человек за сезон, из них 15-25 % неорганизованных рекреантов.

Несмотря на то, что проблеме рекреационной дигрессии окружающей природной среды посвящено немало работ отечественных и зарубежных исследователей (Карписонова, 1967; Казанская и др., 1977; Таран, 1977; Репшас, 1983; Соколов, 1983; Эмсис, 1989; Чижова, 2011; Frissell, 1978; Parsons, MacLeod, 1989; Liddle, 1997; Hammit, Cole, 1998), в большинстве из них недостаточно разработаны методические подходы к оценке геоэкологического состояния интенсивно используемых рекреационных территорий. Неполно раскрыты вопросы сопряженных изменений свойств и состава почв и растительного покрова под воздействием рекреации, а также подходы к диагностике стадий их рекреационной деградации.

Ранее на территории РА изучение геоэкологических последствий неорганизованной рекреации не проводилось. Настоящее исследование, выполненное с методическими подходами, используемыми в рекреационной географии, геоэкологии и экологии, является первой в регионе обобщающей работой по этой проблеме.

Цель работы – изучение основных геоэкологических последствий многолетнего неорганизованного массового отдыха на территории Катунского рекреационного района и разработка рекомендаций по его регламентации. Для ее достижения решались следующие **основные задачи**:

1) Проанализировать методологические и методические подходы к оценке геоэкологического состояния рекреационных территорий. Выявить особенности неорганизованного массового отдыха на территории изученного района.

2) Определить фактические рекреационные нагрузки и стадии дигрессии почвенно-растительного покрова на участках неорганизованного массового отдыха Катунского рекреационного района.

3) Изучить характеристики и связи показателей геоэкологического состояния почв и сопряженных древесных видов на репрезентативных участках неорганизованного массового отдыха и контрольных площадках Катунского рекреационного района.

4) Уточнить методические подходы к оценке геоэкологического состояния почвенно-растительного покрова участков неорганизованного массового отдыха на территории Катунского рекреационного района, разработать рекомендации по регламентации их использования и реабилитации.

Объектом исследования являлись горно-долинные ландшафты Катунского рекреационного района Республики Алтай, а **предметом изучения** – геоэкологическое состояние участков неорганизованного массового отдыха на его территории.

Теоретическую и методическую основу исследования составляют научные разработки в области рекреационной географии, геоэкологии и экологии, изложенные в трудах вышеотмеченных исследователей. В процессе подготовки работы применялись сравнительно-географический, картографический, биогеохимический и статистический методы исследования.

Фактический материал, методы исследования, личный вклад автора. В основу диссертационной работы положены материалы, полученные автором в 2006-2014 гг. при изучении экологической ситуации на участках неорганизованного отдыха в Катунском рекреационном районе.

В этот период в 86 прикопах было взято 277 проб почв, а на 79 деревьях – 235 образцов хвои и листьев, для которых в аккредитованных лабораториях Новосибирска, Томска и Горно-Алтайска проведено соответственно 1041 и 439 определений и анализов физических свойств, химического состава, биофизических и морфометрических показателей. Кроме того, для почв и древостоя выполнено соответственно 1009 и 595 экспресс-определений их свойств и состава. При подготовке работы были также использованы имеющиеся публикации по теме исследования.

Личный вклад автора состоит в отборе проб (образцов), проведении полевых описаний и измерений, лабораторных определений и в анализе полученных результатов.

Научная новизна работы. Впервые установлены рекреационные нагрузки и стадии дигрессии напочвенного покрова на участках неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе. Впервые на основе представительного комплекса изученных показателей оценено геоэкологическое состояние почв и доминирующих древесных видов на этих участках. Установлены основные тенденции поведения и сопряженный характер пространственно-временных негативных изменений свойств и состава почв и показателей состояния древесных видов на участках массовой рекреации. Предложены новые методические подходы к оценке геоэкологического состояния (стадий дигрессии, допустимых изменений) почвенно-растительного покрова на участках неорганизованного массового отдыха и разработаны номограммы для его количественной оценки.

Практическая значимость работы. Фактические данные, полученные в результате проведенного исследования, позволили: 1) достоверно оценить геоэкологическое состояние почвенно-растительного покрова на 10 детально изученных участках неорганизованного массового отдыха и в целом на территории Катунского рекреационного района; 2) обосновать нормативы допустимых рекреационных нагрузок и предельно допустимых изменений природных ландшафтов для условий Катунского рекреационного района; 3) рекомендовать для использования в практике работы природоохранных органов Республики Алтай критерии определения стадий рекреационной дигрессии почв и категорий состояния древесных эдикаторов, в том числе в экспресс-варианте; 4) создать фактологиче-

скую основу для организации и ведения мониторинга состояния природных сред в Катунском рекреационном районе; 5) разработать комплекс текущих и долгосрочных действий по оптимизации экологически приемлемого рекреационного природопользования на территории Катунского рекреационного района.

Достоверность защищаемых положений обеспечена большим объемом и комплексным характером полученного и использованного в работе фактического материала, а также глубиной его проработки.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации отражены в 27 публикациях в периодических научных изданиях и в материалах международных и региональных научно-практических конференций, в том числе в 3 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Результаты работ по теме исследования докладывались на конференциях различного уровня, в частности, на конференциях ИВЭП СО РАН (Барнаул, 2012, 2013), на международной школе-семинаре "Геохимия живого вещества" (Томск, 2013), II Всероссийской научно-практической конференции "Рекреационная география и инновации в туризме" (Иркутск, 2014), V Всероссийской научно-практической конференции "Экология и природопользование: прикладные аспекты" (Уфа, 2015).

Структура и объем работы. Диссертация объемом 157 страниц состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 164 наименований. Работа содержит 65 таблиц и 73 рисунка.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, ведущему научному сотруднику ИВЭП СО РАН, к.г.-м.н. Ю.В. Робертусу за постановку задач проведенного исследования и постоянную консультативную помощь. Автор благодарит за конструктивное сотрудничество и ценные советы сотрудников ИВЭП СО РАН д.с.-х.н. О.А. Ельчиному, к.б.н. С.Н. Балыкина, к.с.-х.н. Д.Н. Балыкина. Особая благодарность коллективу Алтайского регионального института экологии за всестороннюю помощь при проведении исследования.

Краткое содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность проведенного исследования, сформулированы его цель и задачи, изложена научная новизна и практическое значение полученных результатов.

В главе 1 "**Состояние изученности проблемы рекреационного природопользования**" раскрыты факторы воздействия рекреации на окружающую природную среду и ее основные последствия. Охарактеризованы существующие принципы оценки геоэкологического состояния рекреационных территорий и регламентации нагрузок на них.

В главе 2 "**Природно-рекреационные условия и особенности туристской отрасли Республики Алтай**" дана характеристика природных условий региона и изученного района, приведены сведения об его рекреационных ресурсах, о современном состоянии туристской отрасли и ее геоэкологических проблемах. Охарактеризованы особенности неорганизованного массового отдыха и изученность его геоэкологических последствий на территории Катунского рекреационного района.

В главе 3 "**Объекты и методика исследования**" дана характеристика объектов проведенного исследования и приведены сведения о видах, объемах и методиках полевых и лабораторных работ, а также о методах обработки и интерпретации полученных результатов.

В главе 4 "**Геоэкологические последствия неорганизованного массового отдыха на территории Катунского рекреационного района**" содержатся данные о рекреационных нагрузках и изменениях природных ландшафтов на участках неорганизованной рекреации в районе. Детально охарактеризовано состояние почв и древесных видов на участках рекреации и контрольных площадках.

В главе 5 "**Рекомендации по минимизации геоэкологических последствий неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе**" предложены методические подходы к оценке геоэкологического состояния рекреационных территорий, обоснованы допустимые рекреационные нагрузки и изменения природных ландшафтов, даны рекомендации по реабилитации деградированных участков неорганизованного массового отдыха и предложения по его регламентации.

В **заключении** подведены итоги и сформулированы основные выводы проведенного исследования.

Обоснование защищаемых положений

Первое защищаемое положение: *Неорганизованный массовый отдых на территории Катунского рекреационного района способствует тому, что среднегодовая рекреационная нагрузка составляет 2,5 чел./га, а средняя стадия рекреационной дигрессии напочвенного покрова равна 2,4. Для лесных горно-долинных ландшафтов района предлагается предельно допустимая среднегодовая нагрузка равная 3,8 чел./га.*

Полученные на начальном этапе исследования данные позволили определить фактические рекреационные нагрузки на участках неорганизованного массового отдыха в КРР (табл. 1).

Таблица 1 – Рекреационные нагрузки на участках неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе в 2006 г.

Показатели		Значения показателей, от-до/среднее		
		Майминский район (n=16)	Чемальский район (n=41)	КРР в целом (n=57)
Площадь участков, га		0,2-5,0/2,1	0,3-4,6/1,0	0,2-5,0/1,3
Посещения, чел./сут.	Будни	5-60/26	2-75/16	2-75/19
	Выходные	22-275/109	10-275/55	10-275/68
Рекреационные нагрузки, чел./га	Сезонные	0,7-20,0/8,6	1,2-28,2/9,6	0,7-28,2/9,0
	Годовые	0,2-4,4/1,9	0,3-6,2/2,1	0,2-6,2/2,0

Выявлена обратная значимая связь между площадью участков массового отдыха и уровнем рекреационной нагрузки на них, описываемая уравнением $R_{\text{факт.}} = 5 \div 20/S$. Установлено, что превышение допустимых нагрузок увеличивается из-за скудности отдыхающих на ограниченных по площади участках. По предварительным оценкам, зависимость посещае-

мости от площади участков выражается линейной функцией $P_{\text{сут.}} = 30 \times S$ (рис. 1), то есть среднесуточное число рекреантов на участках массового отдыха КРР не превышает их расчетного количества по этой формуле.

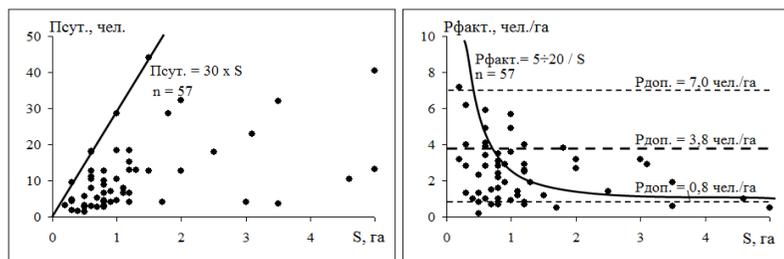


Рисунок 1 – Зависимость посещаемости (слева) и превышения допустимых нагрузок от площади участков неорганизованного массового отдыха КРР

Сравнение рекреационных нагрузок в 2006 г. и 2012 г. (9 и 11,3 чел./га) указывает на их среднегодовой прирост в разных частях КРР в пределах 2,5-9,3 % при среднем значении 5 %. Максимальные темпы увеличения нагрузок характерны для наиболее удаленной осваиваемой южной части района, а минимальные – для традиционно посещаемой его северной и центральной частей (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика сезонных рекреационных нагрузок (чел./га) на участках неорганизованного массового отдыха в период 2006-2012 гг.

Год	Майминский район (n = 16)		Чемальский район						Среднее по КРР	
	min	max	\bar{X}	северная часть (n = 23)		южная часть (n = 18)		\bar{X}		
2006	0,7	20,0	8,6	2,0	28,2	10,7	1,2	25,3	7,0	9,0
2012	0,8	20,6	10,5	4,1	32,6	12,3	3,5	25,3	10,9	11,3
Прирост	—	—	3,7 %	—	—	2,5 %	—	—	9,3 %	5 %

Среднегодовая нагрузка на участках неорганизованного массового отдыха КРР в 2012 г. варьировалась от 0,2 до 7,2 чел./га при среднем 2,5 чел./га, что в 3 раза выше норматива допустимой нагрузки 0,8 чел./га, используемой в практике лесных отношений на территории РА (рис. 2).

Средняя стадия дигрессии почвенно-растительного покрова изученных объектов неорганизованной рекреации КРР в 2012 г. составила 2,4 при вариациях от 1,5 до 4 и увеличилась в 1,3 раза по сравнению с 2006 г. Среднегодовой прирост дигрессии в этот период составил 5 %, что сопоставимо с темпами роста рекреационных нагрузок. Это дает основание считать, что увеличение нагрузок приводит к соответствующему негативному экологическому "отклику" используемых при рекреации ландшафтов.

Анализ особенностей трендов роста рекреационных нагрузок и обусловленных ими стадий дигрессии почвенно-растительного покрова на участках массового отдыха КРР показывает, что к 2018 г. средняя стадия рекреационной дигрессии на территории района достигнет 3, а после 2018 г. превысит 3-ю стабилизированную стадию дигрессии, после чего самовосстановление почвенного покрова не возможно (табл. 3).

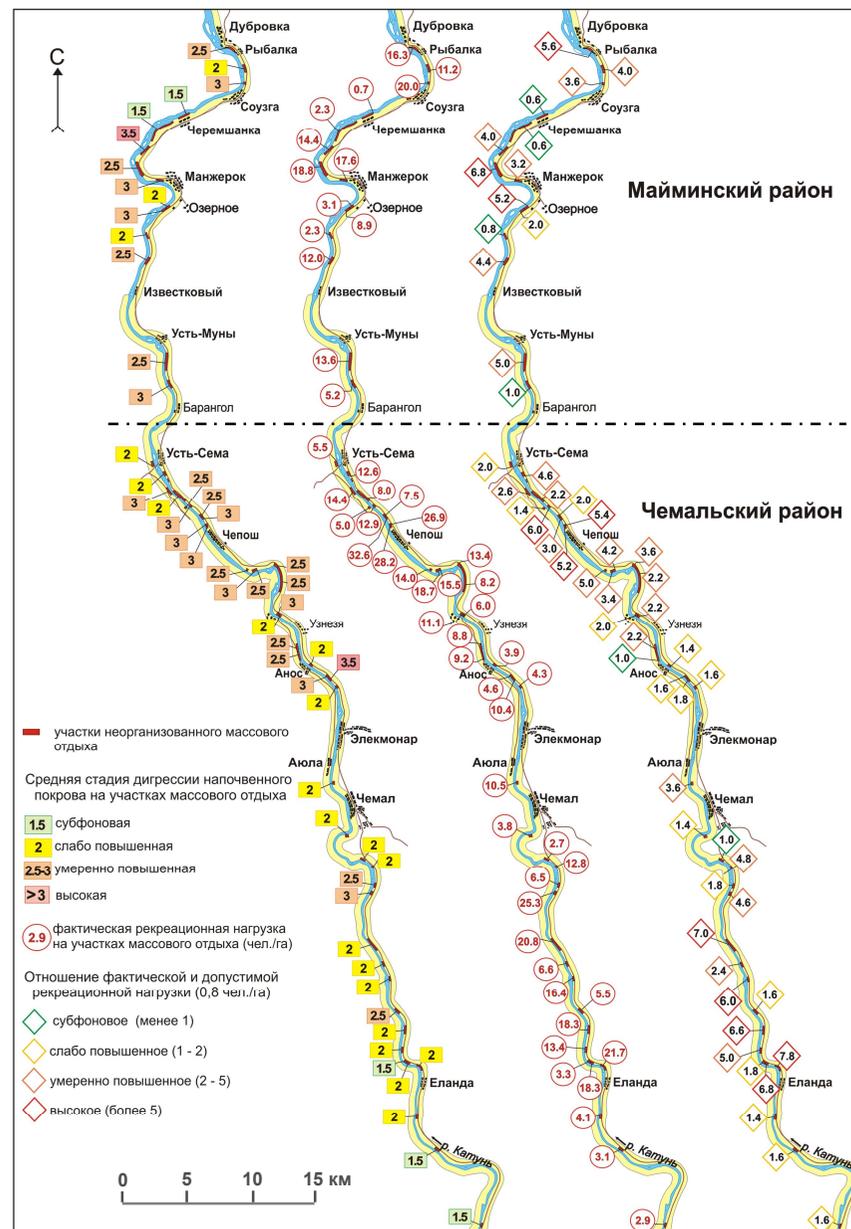


Рисунок 2 – Уровень деградации и рекреационные нагрузки на участках неорганизованного массового отдыха КРР в 2012 г.

Слева – стадии рекреационной дигрессии почвенного покрова; в центре – сезонные рекреационные нагрузки; справа – превышение допустимых рекреационных нагрузок

Таблица 3 – Фактические и прогнозные рекреационные нагрузки и стадии дигрессии напочвенного покрова на участках неорганизованной рекреации

Годы	Турпоток, млн чел.	Число неорганизованных рекреантов		Среднее Рфакт./Рдоп. ед.	Средняя стадия дигрессии
		млн чел.	% от турпотока		
2006	0,50	0,238	47,6	2,4	1,8
2012	1,47	0,288	19,6	3,3	2,4
2018 (прогноз)	2,10	0,300	14,3	3,8	3,0

Рекомендуемое для использования расчетное значение предельно допустимой годовой рекреационной нагрузки на природные ландшафты Катунского рекреационного района равно 3,8 чел./га (сезонной 17,4 чел./га) при 3-й стабилизированной стадии дигрессии напочвенного покрова.

Эти значения "сняты" с остроенных графиков связей стадий рекреационной дигрессии участков неорганизованной рекреации КРР с фактическими годовыми и сезонными рекреационными нагрузками на них, аппроксимируемые линейными функциями типа $y = 0,13x + 0,82$ и $y = 0,57x + 0,82$ соответственно (рис. 3).

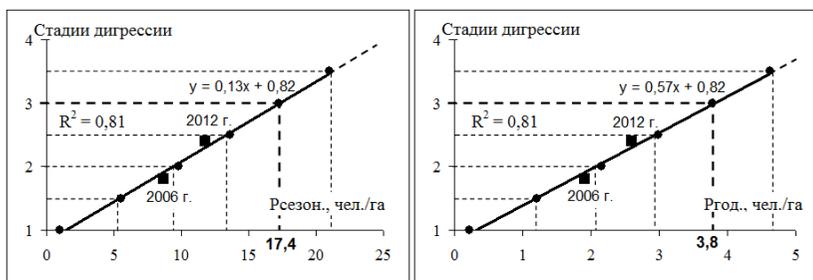


Рисунок 3 – Связь рекреационной дигрессии напочвенного покрова участков КРР с сезонной (слева) и годовой рекреационной нагрузкой

Следует отметить, что применяемая в настоящее время норма допустимой рекреационной нагрузки 0,8 чел./га превышена на 84,2 % участков неорганизованного массового отдыха КРР, а рекомендуемый норматив 3,8 чел./га превышен только на 17,6 % участков, что в целом соответствует частоте встречаемости (21 %) 3-ей и выше стадии деградации компонентов их природных ландшафтов (рис. 1).

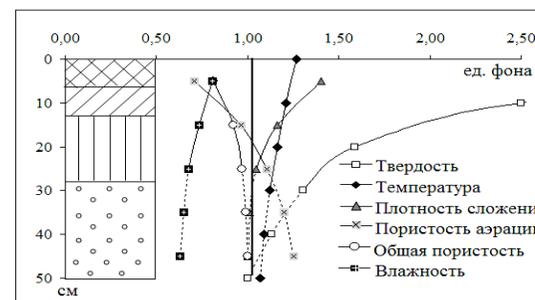
Второе защищаемое положение: *Интенсивность рекреационного воздействия на участки неорганизованного массового отдыха подтверждается сопряженными между собой негативными трендами показателей геоэкологического состояния почв и древесных видов, тесно связанных со стадиями их рекреационной дигрессии.*

Установлено, что для физических свойств почв изученных участков рекреации характерно превышение фоновых значений на 20-40 % (для твердости в 4,14 раза) в интервале 0-10 см и на 1-15 % в интервале 20-30 см, где они близки к значениям на контрольных площадках (табл. 4).

Таблица 4 – Физические свойства почв на участках неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе (n=34)

Показатели	интервал 0-10 см			интервал 10-20 см			интервал 20-30 см		
	lim	\bar{X}	ед. фона	lim	\bar{X}	ед. фона	lim	\bar{X}	ед. фона
Температура, °С	7-27	16±2	1,24	6-23	14±1	1,19	6-19	13±1	1,15
Твердость, кг/см ²	10-55	23±2	4,14	6-31	14±1	2,06	3-16	8±1	1,45
Плотность, г/см ³	1,14-1,56	1,30±0,02	1,40	1,09-1,45	1,23±0,02	1,16	0,96-1,32	1,16±0,02	1,03
Общая пористость, %	41,4-59,6	51,8±1,1	0,81	46,3-62,8	56,1±1,2	0,92	51,3-66,6	59,2±1,2	0,99
Пористость аэрации, %	16,8-47,0	31,2±2,0	0,71	31,1-54,3	42,8±1,5	0,96	37,6-62,1	49,0±1,6	1,11
Влажность, %	6,2-30,5	16,0±1,6	0,81	2,8-23,8	10,9±1,0	0,73	2,0-20,8	8,8±0,9	0,68

Разнонаправленный характер распределения свойств по профилю почв обуславливает как превышение, так и уменьшение их значений относительно контроля. Для большинства физических свойств изученных рекреационных участков характерно затухание их отклонений от контроля с глубиной (рис. 4). Исключение составляют влажность и связанная с ней обратной зависимостью пористость аэрации, что связано со снижением водопроницаемости верхних уплотненных слоев почвы и перераспределением воздуха в порах нижележащих горизонтов.



Степень уплотнения почв: очень сильная; сильная; умеренная; слабая

Рисунок 4 – Поведение на глубине физических свойств почв участков неорганизованного массового отдыха КРР

Результаты определения водопроницаемости почв на рекреационных участках "Черемшанка" и "Бирюзовая Катунь" показали, что по классификации Н.А. Качинского (1970) она варьируется в широких пределах – от наилучшей до удовлетворительной и неудовлетворительной, причем последние классы водопроницаемости проявлены для почв, чей уровень дигрессии превышает 3-ю стабилизированную стадию. Для таких почв в первые минуты эксперимента отмечено отсутствие проницаемости, что связано с наличием на их поверхности специфического образования, называемого "почвенной коркой" с твердостью до 80-100 кг/см².

Тенденции поведения показателей состояния почв участков рекреации (а, твердость, рН, карбонатность) были изучены в поперечном профиле через линейный объект – тропу к Камышлинскому водопаду. Неопосредственно "под тропой" и частично на смежной с ней территории выяв-

лена область повышенных (для α пониженных) относительно фона значений этих параметров (табл. 5).

Таблица 5 – Распределения свойств и состава почв Камышлинской тропы

Показатели (n=83)	Инт. 0-10 см			Инт. 20-30 см			Инт. 40-50 см		
	max	\bar{X}	ед.фона	max	\bar{X}	ед.фона	max	\bar{X}	ед.фона
Твердость, кг/см ²	44	22	4,66	15	6	1,53	8	8	1,00
α , 10 ⁻⁵ ед. СИ	77	49	1,41	81	53	0,97	65	63	0,98
pH вод., ед.	7,51	6,56	1,10	7,07	6,13	1,03	6,51	6,31	1,00
Карбонатность, %	3,17	0,79	1,46	0,93	0,35	1,15	0,63	0,33	1,03
Среднее по интервалам	2,16		1,17			1,00			

На примере Камышлинской тропы был установлен обобщенный контур латерального и профильного изменения свойств и состава почв под воздействием рекреации. Этот контур в поперечном сечении имеет форму усеченного конуса с обращенной вниз вершиной на глубине 30-50 см. На поверхности его границы проходят параллельно тропе на расстоянии 2,5-3,5 м от нее, которое можно считать шириной зоны влияния объектов рекреации на состояние почв прилегающей территории (рис. 5).

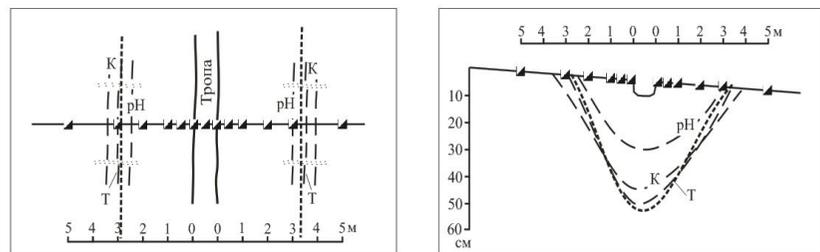


Рисунок 5 – Обобщенный характер распределения свойств и показателей состава почв Камышлинской тропы в плане (слева) и на глубине (справа)

Анализ связей свойств и показателей состава "рекреационных и фоновых" почв показал, что они заметно отличаются по спектру, знаку и числу значимых связей. В частности, на изученных участках неорганизованной рекреации установлено в 2 раза меньше, по сравнению с контролем, значимых связей для таких показателей их состояния, как температура, твердость, пористость аэрации и др. Напротив, увеличилось число связей для плотности твердой фазы и влажности почв (рис. 6).

Разница в количестве значимых связей между изученными физическими свойствами почв участков рекреации и контрольных площадок уменьшается с глубиной. В приповерхностном слое она составляет 40 %, а в интервале 20-30 см – 5 %, то есть, как и в случае с абсолютными значениями физических свойств, наблюдается постепенное "затухание" нарушений естественных связей свойств почв.

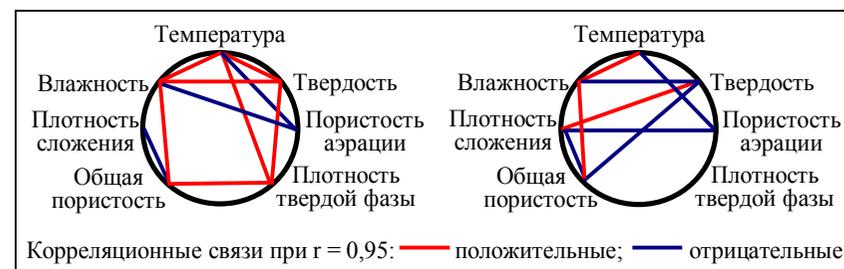


Рисунок 6 – Характер корреляционных связей физических свойств почв на участках рекреации (слева) и контрольных площадках (справа)

Химический состав почв при неорганизованном массовом отдыхе подвергается более слабому изменению, чем большинство их физических свойств. Это связано с тем, что на участках рекреации слабо выражено химическое загрязнение почв и отсутствуют факторы, влияющие на интенсивное перераспределение химических элементов и их соединений.

Для поверхностного горизонта "рекреационных" почв характерно пониженное значение емкости катионного обмена (в 1,8 раза), а также содержания гумуса (1,6 раза) и пятиокси фосфора (1,9 раза), необходимых для нормального роста и развития растений (табл. 6). Основными причинами подобных негативных изменений являются выбивание гумусового слоя, уплотнение и нарушение водно-физических свойств верхних горизонтов почв, где происходят основные биогеохимические процессы, в том числе процессы окисления фосфора.

Таблица 6 – Химический состав почв участков неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе (n=34)

Показатели	интервал 0-10 см			интервал 10-20 см			интервал 20-30 см		
	lim	\bar{X}	ед.фона	lim	\bar{X}	ед.фона	lim	\bar{X}	ед.фона
pH вод., ед.	6,13-7,68	6,72±0,09	1,05	6,20-7,76	6,79±0,10	1,03	6,28-8,05	6,86±0,12	1,02
Гумус, %	2,1-6,9	3,9±0,3	0,62	1,1-5,0	2,4±0,2	0,75	0,5-4,9	1,7±0,2	0,80
ЕКО, мг-экв./100 г	5,3-63,8	26,3±3,1	0,56	3,8-49,9	20,5±2,7	0,72	2,3-41,1	15,5±2,4	0,83
Солесодержание, мг/кг	10-90	41±6	2,06	10-60	28±5	1,55	10-60	23±5	1,24
Карбонатность, %	0,5-4,0	1,4±0,2	1,54	0,4-4,1	1,3±0,3	1,37	0,3-4,7	1,4±0,4	1,21
Са _{обм} , ммоль/100 г	6,7-13,5	9,6±0,5	0,78	2,2-13,4	8,2±0,5	0,83	1,7-13,4	7,1±0,5	0,88
Нитраты, мг/кг	2,9-36,2	16,3±2,1	1,11	1,8-18,7	9,0±1,0	1,09	0,6-12,2	7,2±1,2	1,08
P ₂ O ₅ , мг/кг	49-799	182±24,7	0,53	50-849	225±26,4	0,59	62-930	265±28,8	0,63
Среднее отклонение от контроля	1,54			1,33			1,22		

В поверхностном слое "рекреационных" почв проявлено также повышенное на 8-50 % по сравнению с почвами контрольных площадок содержание породообразующих элементов – алюминия, кальция, магния, натрия и железа, относительное "накопление" которых происходит за счет выбивания гумусового горизонта и "поднятия" вверх по профилю почвообразующих пород. Отклонения от фона значений показателей химического состава "рекреационных" почв постепенно уменьшаются вниз по профилю и на глубине 15-40 см они практически не отличаются от их уровня для почв контрольных площадок.

Для связей физических свойств и показателей химического состава почв участков рекреации выявлены разнонаправленные тренды их изменения по профилю почв, но для большинства физических свойств характерно повышение числа значимых связей по сравнению с почвами контрольных площадок. Обратная тенденция поведения с глубиной установлена для корреляционных связей показателей химического состава "рекреационных" и фоновых почв. Для "рекреационных" почв предварительно установлено заметное снижение их целлюлозолитической активности, что указывает на уменьшение их биологической активности, главным образом, из-за деградации содержащего микроорганизмы гумусового слоя.

Установлено, что санитарное состояние древостоя не зависит напрямую от его возраста, а в значительной степени обусловлено экологической обстановкой (Киселева, 2008). Рекреация как фактор, негативно влияющий на его состояние, может способствовать увеличению текущего отпада и постепенному изреживанию лесов.

На участках неорганизованной рекреации КРР доля усыхающих берез в среднем превышает таковую на контрольных площадках в 2,55 раза (сосны в 2,93 раза), а величина текущего отпада для березы составила 6,9 % (сосны 8,1 %), что соответствует среднему уровню нарушенности древостоя и среднему классу его биологической устойчивости (табл. 7).

Таблица 7 – Показатели нарушенности древесных видов на участках неорганизованного массового отдыха в Катунском рекреационном районе

Показатели	Береза повислая			Сосна обыкновенная		
	рекреация (р)	контроль (к)	р/к, ед.	рекреация (к)	контроль (к)	р/к, ед.
Категория состояния	2,5±0,1	1,5±0,1	1,67	2,5±0,1	1,4±0,1	1,79
Размер усыхания, %	79,9±4,5	31,3±2,3	2,55	80,0±4,5	27,3±4,3	2,93
Текущий отпад, %	6,9±3,1	0,0	–	8,1±3,7	0,0	–

С помощью методов эколого-физиологической диагностики состояния деревьев, основанных на определении их биометрических показателей, в т.ч. температуры и влажности их стволов, была проведена оценка состояния березы на контрольных площадках и участках рекреации.

Установлено, что на последних ослабленные деревья прогреваются интенсивнее и отличаются от здоровых деревьев более высокими значениями температуры (в среднем на 10 %) и пониженной влажностью стволов (в среднем на 30 %). Градиенты изменения температуры и влажности деревьев на 1 м высоты ствола на контроле составляют в среднем 2°C и 5,5 % соответственно, а на участках рекреации – 2,6°C и 3,2 %.

Морфометрические параметры древостоя также дают представление об экологической ситуации на участках рекреации. Так, средняя величина флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы (Захаров и др., 2000) на участках рекреации равна 0,049 – 4 класс существенного отклонения от нормы (на контроле – 1 класс условно нормального состояния).

Изменения морфологических параметров сосны на участках неорганизованной рекреации проявлены, в основном, в уменьшении относительно контроля длин осевого побега и хвои 2-го года – в 1,4 и 1,2 раза соответственно. В 1,5 раза увеличено число повреждений хвои, выраженных чаще в виде хлорозов.

Принято считать (Репшас, 1983), что радиальный прирост является универсальным показателем прошлого жизненного состояния деревьев. Сравнительный анализ показал, что радиальный прирост березы на участках рекреации в последние 5 лет снизился в среднем на 27 %, сосны на 31 %. На контроле снижение не превышало 5-10 %.

Для показателей состояния древостоя участков рекреации присуще большее число значимых связей, чем для деревьев на контроле (табл. 8). Можно предполагать, что формирующаяся в условиях рекреационного пресса обстановка оказывает "стрессовое" воздействие на растительность, в том числе на древесные виды, в результате чего их свойства отражают адекватную комплементарную реакцию деревьев на это воздействие.

Таблица 8 – Корреляционные связи параметров состояния древесных видов на участках неорганизованного массового отдыха в КРР

Древесные виды	Число значимых связей для древесных пород участков		
	рекреации (р)	фоновых (ф)	р/ф
Береза повислая	28 (n = 35)	11 (n = 12)	2,5
Сосна обыкновенная	12 (n = 23)	3 (n = 9)	4,0

Негативные изменения таких водно-физических свойств почв, как твердость, плотность, пористость и влажность, имеют ведущее значение для жизненного состояния древостоя участков неорганизованной рекреации. Так, анализ корреляционных связей влажности ствола и корней березы повислой показал наличие их тесной зависимости с рядом физических свойств в изученных интервалах почв – температурой, влажностью и др.

Большинство из изученных показателей состояния древостоя тесно сопряжены с водно-физическими свойствами и, в меньшей степени, с химическим составом почв в местах их произрастания. Наибольшее число значимых связей с физическими свойствами почв участков рекреации характерно для березы – в 1,4-3,2 раза больше, чем на контроле.

Обратные связи проявлены для параметров древостоя с показателями химического состава почв. Они, как правило, отрицательные, кроме связи с емкостью катионного обмена и с содержанием подвижного фосфора. Отметим, что для березы число значимых связей значительно больше, чем для сосны, и характер этих связей заметно различается (табл. 9).

Таблица 9 – Тренды изменения с глубиной числа корреляционных связей свойств и состава почв, и их связей с состоянием древесных пород

Интервалы глубин	Число связей для почв участков рекреации (n=102), контроля (n=42)					
	физические свойства почв участков			химический состав почв участков		
	рекреация (р)	контроль (к)	р/к, ед.	рекреация (р)	контроль (к)	р/к, ед.
0-10 см	35	29	1,21	32	42	0,76
10-20 см	29	25	1,16	30	37	0,81
20-30 см	20	18	1,11	25	30	0,83
Древесные породы	Число значимых связей между показателями состояния почв и древостоя					
	физические свойства почв участков			химический состав почв участков		
	рекреация (р)	контроль (к)	р/к, ед.	рекреация (р)	контроль (к)	р/к, ед.
Береза	88	61	1,44	56	67	0,84
Сосна	19	6	3,17	22	24	0,92

Третье защищаемое положение: *Комплекс предложенных индикаторов позволяет оценить стадии рекреационной дигрессии почв и категории жизненного состояния древесных видов на участках неорганизованного массового отдыха, а также установить их предельно допустимые изменения на территории Катунского рекреационного района.*

Для количественного определения стадий рекреационной деградации почвенно-растительного покрова изученных участков автором предложен комплекс интегральных и параметрических показателей, рассчитанных для физических свойств и химического состава почв, а также показателей жизненного состояния древостоя, рассчитанных по его биофизическим и морфометрическим параметрам (табл. 10).

В основе расчета предложенных показателей лежит использование нормированных относительно местного фона значений параметров состояния почв и древостоя, определенных как с применением экспресс-анализаторов (твердомеров, влагомеров, пирометров и пр.), так и по данным лабораторного изучения. Этими показателями спектр индикаторов экологического качества компонентов рекреационных ландшафтов не ограничивается, возможны и другие варианты интегральных и параметрических оценок их состояния.

Таблица 10 – Примеры расчетных показателей геоэкологического состояния почв и древостоя на участках неорганизованного массового отдыха в КРР

События	Интегральные (ИПП, ИПД) и параметрические (П) показатели состояния	
	Почва	Древостой
I	$ИПП_{Фс*} = T_{i/ф} \times T_{в/ф} / V_{i/ф}$; $П_{Тв*} = T_{в/ф}$	$П_{ГТ*} = \Delta(T_{сi/ф} - T_{пi/ф}) / L$
	$ИПП_{Хс*} = p_{Нi/ф} \times CC_{i/ф} / NO_{3i/ф}$	$П_{ГВ*} = \Delta(V_{сi/ф} - V_{кi/ф}) / L$
II	$ИПП_{Фс} = PC_{i/ф} \times ПТФ_{i/ф} / ОП_{i/ф} \times ПА_{i/ф}$	$ИПД_{Сб} = T_{сi/ф} \times T_{пi/ф} \times \Phi A_{i/ф} / V_{сi/ф} \times V_{кi/ф} \times РП_{5i/ф}$
	$ИПП_{Хс} = K_{i/ф} \times ЕКО_{i/ф} / PO_{4i/ф} \times Ca_{i/ф} \times \Gamma_{i/ф}$	$ИПД_{Сс} = KX_{i/ф} \times ПХ_{i/ф} / ДП_{i/ф} \times ДХ_{i/ф} \times РП_{5i/ф}$

Примечание: I – по экспресс-измерениям, II – по лабораторным определениям; Т – температура; Тв – твердость; В – влажность; СС – солесодержание; РС, ПТФ – плотность сложения, твердой фазы; ОП, ПА – пористость общая, аэрации; К, Г – содержание калия, гумуса; ГТ, ГВ – градиенты температуры, влажности; Тс, Вс, Тп, Вк – температура и влажность ствола, почвы, корней; L – расстояние между замерами; ФА – асимметрия листьев; РП₅ – радиальный прирост за 5 лет; КХ, ПХ – количество и доля поврежденной хвои; ДХ и ДП – длина хвои и побега

О возможности применения предложенных параметрических и интегральных показателей для целей диагностики геоэкологической обстановки на рекреационных территориях свидетельствуют их значимые связи со стадиями дигрессии напочвенного покрова. Характер этих зависимостей на разных стадиях дигрессии несколько отличается (рис. 7), что связано с разной интенсивностью воздействия рекреации и возникающих при этом изменений природных ландшафтов. Такие комбинированные прямые и нелинейные связи со стадиями рекреационной дигрессии характерны для интегральных показателей физических свойств (ИПП_{Фс}) и химического состава (ИПП_{Хс}) почв, а также для интегральных показателей жизненного состояния сосны обыкновенной (ИПД_{Сс}) и березы повислой (ИПД_{Сб}).

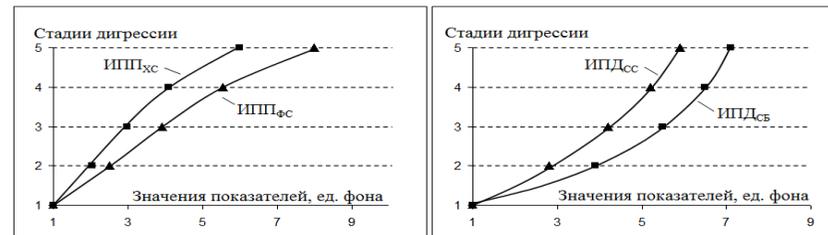


Рисунок 7 – Зависимость интегральных показателей свойств и состава почв (слева) и состояния древостоя от стадий рекреационной дигрессии

Установленные для них зависимости указывают на "запаздывающий" на начальных стадиях дигрессии характер ухудшения состояния древостоя по сравнению с почвами участков рекреации. Иными словами, изменения почв интенсивно нарастают от 1-й к 3-й стадии дигрессии, тогда как для древостоя на 1-3 стадиях присуща более замедленная деградация.

Начиная с 4-ой стадии дигрессии, изменения в почвах замедляются, а для древостоя, напротив, усиливаются. В частности, при переходе на стадии дигрессии выше третьей стабилизированной, наблюдается более интенсивный отклик древостоя на рекреационное воздействие и, соответственно, более быстрая его деградация по сравнению с почвами. Установленные изменения указывают на необратимый характер деградации напочвенного покрова на 4-5 стадиях, из чего следует вывод о невозможности самовосстановления исходных биогеоценозов на этих стадиях.

Наличие прямой зависимости между значениями ряда физических свойств почв и стадиями их дигрессии позволило разработать номограммы для предварительной оценки геоэкологического состояния почв рекреационных территорий КРР. Предложенные номограммы позволяют оперативно решать эту задачу по данным экспресс-измерений твердости и температуры поверхности "рекреационных и фоновых" почв (рис. 8).

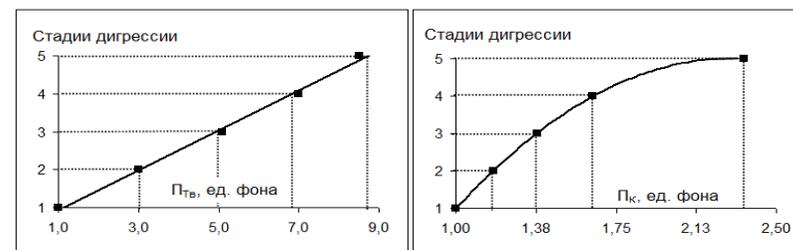


Рисунок 8 – Номограммы для определения стадии рекреационной дигрессии почв (интервал 0-10 см) по их твердости (слева) и карбонатности (справа)

Для зависимости параметрических показателей состояния листьев березы и хвои сосны характерно более интенсивное нарастание изменений в начальный период. Дальнейшие их негативные изменения носят линейный характер. Эта закономерность говорит о том, что наиболее чувствительным органом древесных видов на воздействие неорганизованной рекреации являются листья и хвоя.

Изменения интегральных показателей жизненного состояния березы и сосны, в отличие от их листьев и хвои, на участках рекреации носят обратный характер. Они нарастают постепенно и усиливаются при переходе древостоя в категорию усыхающего, то есть при появлении значительных изменений в морфологической и биофизической стабильности их развития (рис. 9).

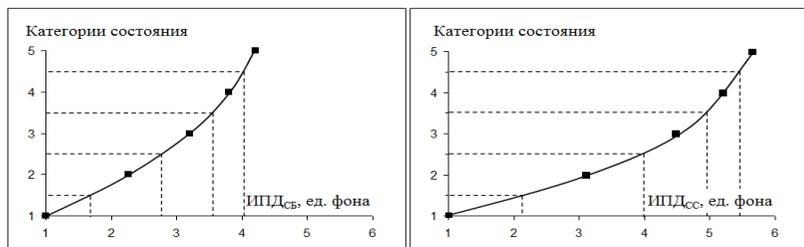


Рисунок 9 – Зависимость интегральных показателей состояния березы (слева) и сосны на участках рекреации от уровня их жизненного состояния

Применение метода эколого-физиологической диагностики категорий состояния древесных пород, предполагающего определение их биометрических показателей, позволило построить номограммы для определения жизненного состояния, в частности, березы на участках неорганизованной рекреации по градиентам температур и влажности ее стволов и корней (рис. 10). Они уточняют термоэкспресс-метод диагностики физиологического состояния древесных растений (Карасев, 2000), основанный на зависимости между интенсивностью водного тока в стволе, его температурой и общим состоянием дерева.

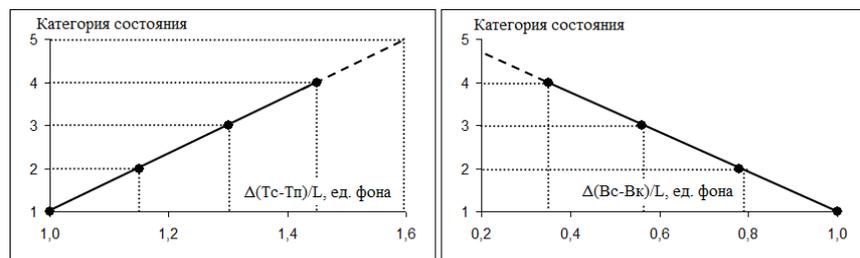


Рисунок 10 – Номограммы для определения жизненного состояния березы по градиенту температур (слева) и влажности ствола и корней
Тс, Тп – температура ствола, почвы; Вс, Вк – влажность ствола, корней; L – расстояние между точками их измерения. Категории жизненного состояния деревьев: 1 – здоровые; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – сухой текущий года.

Предельно допустимые изменения (ПДИ) показателей геоэкологического состояния почв и древостоя участков неорганизованной рекреации КРР "сняты" с графиков их связи со стадиями дигрессии и категориями жизненного состояния соответственно (табл. 11).

Таблица 11 – Предельно допустимые изменения показателей состояния почв и древесных видов участков неорганизованного массового отдыха КРР

Почвенный покров (0-10 см)	Среднее ПДИ*, ед. фона	Древесные виды (сосна, береза)	Среднее ПДИ*, ед. фона
Физические свойства, показатели химического состава		Таксационные, морфометрические и биофизические показатели	
Твердость поверхности почвы	4,90±0,55	Радиальный прирост березы за 5 лет	0,64±0,02
Температура поверхности почв	1,17±0,03	Радиальный прирост сосны за 5 лет	0,79±0,02
Объемная плотность	1,28±0,04	Градиент температуры ствола березы	1,30±0,05
Общая пористость	0,85±0,03	Градиент влажности ствола березы	0,57±0,07
Содержание гумуса	0,72±0,03	Асимметрия листа березы	1,50±0,10
Содержание фосфора	0,51±0,03	Средняя длина побега сосны 2 года	0,68±0,04
Карбонатность	1,38±0,06	Средняя длина хвои сосны	0,78±0,03
Емкость катионного обмена	0,63±0,03	Поврежденность хвои сосны	1,87±0,21

* – для 3-й стадии дигрессии почв и 3-й категории жизненного состояния древостоя

Основные выводы

1. Анализ существующих методик оценки геоэкологического состояния рекреационных территорий выявил три основных подхода: оценка текущей геоэкологической обстановки по показателям состояния напочвенного покрова (стадии дигрессии, классы состояния и пр.); сравнение состояния участков рекреации и контрольных площадок; экспериментальная оценка устойчивости напочвенного покрова к воздействию рекреантов.

2. Основной особенностью участков неорганизованного массового отдыха на территории Катунского рекреационного района является их полифункциональная структура, лентовидная морфология и локализация в водоохранных зонах р. Катунь и ее притоков, доступных для автотранспорта.

3. В настоящее время среднегодовые рекреационные нагрузки на изученных участках неорганизованного массового отдыха в КРР варьируются в пределах 0,2-7,2 чел./га при среднем 2,5 чел./га, а стадии их рекреационной дигрессии составляют 1,5-4 при среднем значении 2,4. Для горно-долинных ландшафтов Катунского рекреационного района предельно допустимая расчетная нагрузка составляет 3,8 чел./га в год.

4. Воздействие рекреации на почвы проявляется до глубины 30-50 см и на расстоянии до 2,5-3 м. Связи между свойствами и показателями состава почв рекреационных территорий заметно отличаются от контроля. Состояние древесных видов тесно сопряжено, в основном, с интенсивностью негативных изменений водно-физических свойств почв.

5. Предложенные параметрические и интегральные показатели позволяют диагностировать геоэкологическое состояние почвенно-растительного покрова участков рекреации, в том числе в экспресс-варианте.

6. Предложен алгоритм решения проблемы деградации рекреационных ландшафтов Катунского рекреационного района и разработан комплекс практических мероприятий по их регламентации и реабилитации.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Павлова К.С.** Характер изменения свойств и состава почв рекреационных территорий (на примере Катунского района Республики Алтай) / **К.С. Павлова**, Ю.В. Робертус, А.В. Кивацкая // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – №1 (38). – С. 338-342 (раздел "Экология").

2. Байлагасов Л.В. Адаптация традиционной хозяйственной деятельности коренных этносов Республики Алтай к современным потребностям туристской отрасли / Л.В. Байлагасов, **К.С. Павлова** // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – №5 (42). – С. 428-430 (раздел "Экология").

3. **Павлова К.С.** Методические подходы к оценке экологического состояния природных комплексов рекреационных территорий / **К.С. Павлова**, Ю.В. Робертус // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 5. – С. 54-59.

Прочие публикации:

4. **Павлова, К.С.** Характер изменения свойств и состава почв на участках рекреации / **К.С. Павлова** // Труды XVI Международного симпозиума им. академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр" – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С 590-592.

5. Робертус, Ю.В. Экологические последствия массовой рекреации на охраняемых территориях Республики Алтай / Ю.В. Робертус, **К.С. Павлова**, Г.А. Шевченко // Этнические, экологические и экономические аспекты развития туризма на особо охраняемых природных территориях горных экосистем мира. – Чебоксары: "Пегас", 2012. – С. 58-65.

6. **Павлова, К.С.** Элементный состав золы листьев березы как индикатор состояния рекреационных территорий Республики Алтай / **К.С. Павлова** // Матер. межд. школы-семинара, посвященной 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского (1863–2013) "Геохимия живого вещества". – Томск: 2013. – С. 165-168.

7. Робертус, Ю.В. Рекреационные ресурсы Республики Алтай / Ю.В. Робертус, **К.С. Павлова** // Матер. межд. науч.-практ. конф. "Охрана окружающей среды и природных ресурсов стран Большого Алтая". – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – С. 201-204.

8. **Павлова, К.С.** Экспресс-определение жизненного состояния древостоя рекреационных территорий (на примере Катунского района) / **К.С. Павлова** // Труды XVII Межд. симп. им. акад. М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр". – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 586-587.

9. **Павлова, К.С.** Изменения почвенно-растительного покрова на участках неорганизованного массового отдыха (на примере Катунского рекреационного района Республики Алтай) / **К.С. Павлова** // Матер. XIV конф. молодых ученых ИВЭП СО РАН. – Барнаул: 2014. – С. 43-50.

10. **Павлова, К.С.** Проблемы туристско-рекреационного развития Горного Алтая / **К.С. Павлова** // Матер. II Всерос. научн.-практ. конфер. с межд. участ. "Рекреационная география и инновации в туризме". – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. – С. 220-222.

11. **Павлова, К.С.** Типы и особенности участков неорганизованно-массового отдыха / **К.С. Павлова** // V Всероссийской научно-практической конференции "Экология и природопользование: прикладные аспекты". – Уфа: Башкирский ГПУ, 2015. – С. 191-195.