

УДК 504.054; 910.3

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРНОГО АЛТАЯ)

Ю.В. Робертус, В.А. Ситникова, К.С. Савенко, Р.В. Любимов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: geokol04@mail.ru; valya_90_well@mail.ru; kassisavenko@gmail.com

Проанализирован материал многолетних научно-исследовательских работ по оценке и мониторингу экологического состояния компонентов рекреационных ландшафтов Республики Алтай. Раскрыто содержание нового методологического подхода к оценке экологического состояния используемых в рекреационных целях природных ландшафтов региона. В основу подхода положен комплекс разноуровневых нормированных на величину местного фона показателей степени деградации основных ландшафтообразующих компонентов – почвенного и растительного покровов. Обоснован универсальный характер этого подхода и предложен алгоритм его применения для оценки состояния рекреационных ландшафтов.

Ключевые слова: Республика Алтай; рекреационные ландшафты; показатели состояния; методологические основы; комплексная оценка.

DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17302

Дата поступления: 29.04.2024. Принята к печати: 1.06.2024

Туризм является приоритетным направлением социально-экономического развития Республики Алтай (РА), основой её инвестиционной привлекательности. Ежегодно республику посещает более 2 млн. человек, которых привлекают сохранившие первозданный облик высокоаттрактивные природные ландшафты [Доклад..., 2023]. Их локализация в расчлененной горной местности, обладающей невысокой рекреационной емкостью, а также сверхнормативные рекреационные нагрузки являются основными факторами ускоренной деградации преобладающих в регионе горно-лесных долинных ландшафтов [Черных, Самойлова, 2015].

Минимизация негативных последствий массовой рекреации входит в число экологических приоритетов РА [Пузанов и др., 2015]. Решению этой актуальной проблемы мешает отсутствие в стране научно обоснованных нормативно-методических документов по оценке экологического состояния территорий, используемых в рекреационных целях, не считая ОСТ 56-100-95 [Тарасов, 1986; Чижова, 2011; Сериков, Сивцов, 2017]. Подобная ситуация затрудняет регламентацию рекреационного природопользования, что в конечном итоге приводит к необратимым негативным изменениям уникальных природных ландшафтов, их деградации и выводу из использования.

Одним из путей решения проблемы деградации рекреационных территорий региона является внедрение новых альтернативных способов репрезентативной оценки их экологического состояния для принятия адекватных ситуации мер по реабилитации нарушенных ландшафтов, что явилось основной целью проведенных с участием авторов многолетних исследований по этой тематике.

Материалы и методы

Фактической основой настоящей статьи явились материалы многолетних исследований экологического состояния территорий, массово посещаемых туристами. В разные годы это были: НИР по инвентаризации неорганизованных стоянок туристов и оценке экологических последствий неорганизованного массового отдыха в наиболее посещаемых долинах р. Катунь и р. Бия, северной части оз. Телецкого (в период 2006–2015 гг.); научный проект РФФИ № 20-45-040002 «Разработка методических рекомендаций по комплексной оценке экологического состояния рекреационных ландшафтов Республики Алтай» (2020–2021 гг.); работа в рамках проекта № FUFZ-2021-0007 государственного задания ИВЭП СО РАН по оценке биогеохимического состояния компонентов природной среды на рекреационных территориях в районе Каракольских озёр (2023–2024 гг.).

Объектом исследования являлись природные ландшафты Республики Алтай, используемые для рекреации. Изучались ландшафты привлекательные

для массового неорганизованного отдыха, связанного с краткосрочным посещением водного объекта или многодневным отдыхом с установкой в непосредственной близости от водоема палаточного лагеря. Поэтому рассматривались только долинные комплексы основных рек региона (р. Катунь, р. Бия, р. Чарыш и р. Чулышман).

Согласно классификации, приведенной в карте ландшафтов Алтая масштаба 1:500000 [Черных, Самойлова, 2015], отмеченные рекреационные ландшафты отвечают гидроморфным, периодически дренируемым проточным, лугово-лесным и/или лугово-степным, эрозионным и выработанным долинным типам ландшафтов низких надпойменных террас. Тип растительности и почвенного покрова несколько различается по долинам рек, однако исходя из практики, сложившейся в рекреационной экологии [Monti, 1979; Parsons, 1980; Бганцова и др., 1987; Cole, 1989; Cole, 1991; Cole, 1993; Liddle, 1997; Cole, 2004; Егоров, 2010; Павлова и др., 2013; Павлова, Робертус, 2014; Данчева и др., 2015; Кузнецов и др. 2018; Халикова, Исяньюлова, 2019], можно говорить о том, что в целом, под воздействием рекреации происходят однотипные изменения этих компонентов ландшафтов. Различия состоят в уровне устойчивости и связанной с ней скорости дигрессии почвенно-растительного покрова под воздействием фактора вытаптывания.

В рамках отмеченных выше исследований, с разной степенью детальности была оценена экологическая обстановка на 100 участках массовой

рекреации, из них в долине р. Катунь, как наиболее массово посещаемой на протяжении последних десятков лет, были выбраны 15 «эталонных» участков с территориально сопряженными контрольными площадками, на которых проводилось детальное изучение состояния почвенно-растительного покрова, в том числе мониторинговые наблюдения с интервалом 1 раз в 5 лет.

Таким образом, в данной статье приводятся результаты разработки методического подхода к комплексной оценке экологического состояния рекреационных ландшафтов на примере горно-лесных ландшафтов Республики Алтай, используемых для массовой рекреации.

В основе предлагаемого методического подхода лежит анализ широкого спектра показателей экологического состояния основных компонентов рекреационных ландшафтов – почвенного покрова (горизонт А до глубины 30 см) и древесных эдификаторов (береза повислая, сосна обыкновенная), в меньшей степени травостоя и поверхностных вод временного сосредоточения (дождевые и снеготалые воды).

Для почв изученный комплекс был представлен показателями их физических и водно-физических свойств, химического состава и биологической активности. Для древесных пород определялись параметры жизненного состояния, показатели морфометрических и биофизических изменений, а для поверхностных вод показатели химического и биологического загрязнения.

Большинство из изученных показате-

лей определялись непосредственно на участках рекреации путем визуальных осмотров и измерений, в т.ч. с использованием портативных анализаторов (рН-метр, твердомер, влагомер, каппаметр и др.). Часть показателей была определена в лабораторных условиях по аттестованным методикам. Достоверность полученных данных обеспечена 3–7-кратной повторностью измерений в полевых условиях, а также 20–25% объемами внутрилабораторного контроля. Общее количество изученных почвенных проб и образцов древостоя составило порядка 850 штук. Фактические данные, по экологическому состоянию почв и древостоя, приведены в предыдущих публикациях [Павлова и др., 2013; Павлова, Робертус, 2014; Савенко и др., 2021].

Обработка и интерпретация полученных результатов заключалась в их систематизации, создании базы данных в формате dBase, в формировании и последующей статистической обработке с помощью программ «Statistica 6.1» и «Microsoft Excel 2000» репрезентативных выборок по компонентам ландшафтов и показателям их экологического состояния.

Результаты и их обсуждение

Вопросы оценки экологического состояния рекреационных территорий довольно широко рассмотрены в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных исследователей [Казанская и др., 1977; Monti, 1979; Parsons, 1980; Дыренков, 1983; Тарасов, 1986; Бганцова и др., 1987; Рысин, Полякова, 1987; Cole, 1989; Репшас, 1990; Cole, 1991;

Cole, 1993; Liddle, 1997; Cole, 2004; Егоров, 2010; Чинова, 2011; Павлова и др., 2013; Собчак и др., 2013; Павлова, Робертус, 2014; Данчева и др., 2015; Пузанов и др., 2015; Сериков, Сивцов, 2017; Евсеева, Константинов, 2018; Кузнецов и др. 2018; Халикова, Исяньюлова, 2019].

В целом все методики оценки экологического состояния рекреационных ландшафтов (территорий) исходят из следующих принципов:

- основным реципиентом рекреационного воздействия, выраженного преимущественно вытаптыванием, является растительный и почвенный покровы;

- оценка состояния почвенно-растительного покрова проводится в основном посредством выделения визуально различимых этапов их изменений под воздействием постоянно действующего или усиливающегося вытаптывания;

- наиболее широко используемый подход связан с визуальной диагностикой стадий рекреационной дигрессии растительного покрова, является приближенным или первичным методом оценки и его достоверность может быть повышена при дополнительном изучении комплекса количественных показателей состояния почвенно-растительного покрова;

- допустимой границей изменений почвенно-растительного покрова является устойчивость экосистем, когда процессы разрушения биогеоценозов могут быть компенсированы их самовосстановлением.

Следует отметить, что визуально определяемые стадии дигрессии оценивают состояние почвенного покрова лишь по косвенным, вторичным при-

знакам, как правило, проявляющимся уже за пределами устойчивости природных экосистем (выраженная эрозия, отсутствие растительности и т.п.). Методы количественной оценки состояния почв, применяются значительно реже [Monti, 1979; Бганцова и др., 1987; Cole, 2004; Егоров, 2010; Павлова и др., 2013; Павлова, Робертус, 2014; Данчева и др., 2015; Кузнецов и др. 2018; Халикова, Исяньюлова, 2019], так как являются более трудоемкими, а унифицированные критерии отсутствуют. В этом актуальном направлении были сосредоточены проведенные нами исследования.

В основе предлагаемого методологического подхода к оценке экологического состояния рекреационных территорий региона лежит определение степени (стадии) деградации их природных ландшафтов [Павлова, Робертус, 2014]. Для этого предлагается использовать трехуровневые группы количественных показателей, первая из которых представлена комплексом параметрических показателей, характеризующих разноплановые аспекты экологического состояния компонентов оцениваемых рекреационных ландшафтов и смежных контрольных площадок. Их значения устанавливаются путем визуальных наблюдений, замеров, измерений на месте с использованием портативных анализаторов, а также определений в лабораториях.

Вторую группу показателей образуют расчетные интегральные показатели, представляющие мультипликативный эффект от параметрических показателей и характеризующие те или иные стороны

(аспекты) экологического состояния оцениваемых компонентов природных ландшафтов.

Третья группа показателей представлена аддитивными синтетическими показателями, образованными путем сложения расчетных интегральных показателей (с учетом их «веса») и отражающими экологическое состояние (стадии деградации) компонентов и рекреационных ландшафтов в целом.

Анализ информативности большого спектра изученных параметрических показателей позволил выделить среди них критерии, обеспечивающие достоверную оценку экологического состояния компонентов рекреационных ландшафтов. К их числу относятся физические и водно-физические свойства (температура, твердость, плотность, влажность и др.) поверхностного слоя фоновых и рекреационных почв [Бганцова и др., 1987; Егоров, 2010; Павлова и др., 2013; Данчева и др., 2015; Кузнецов и др. 2018; Халикова, Исяньюлова, 2019]. Изменения химического состава почв на участках рекреации репрезентативно отражает комплекс простых для определения показателей (рН, гумус, карбонатность и пр.), а их микробиологических особенностей – целлюлозная и каталазная активности.

Экологическое состояние древесных пород характеризует комплекс показателей их жизненного состояния, морфометрических и биофизических особенностей [Бусыгин, 2005; Собчак и др., 2013; Данчева и др., 2015; Евсеева, Константинов, 2018;].

Для всех изученных параметрических

показателей установлены средние значения (относительно их фоновых значений на контрольных площадках) на разных стадиях деградации рекреационных ландшафтов региона (табл. 1).

Нормирование значений параметрических показателей на их местный фон позволяет при оценочных процедурах отказаться от их размерных характеристик (градусы, проценты и пр.) и оперировать только безразмерными величинами их отклонения от фона.

Следует отметить, что параметрические показатели дают примерное представление о степени антропогенного изменения компонентов рекреационных ландшафтов. Более достоверные данные об их экологическом состоянии могут быть получены при использовании интегральных показателей, многократно усиливающих информационный «сигнал», создаваемый параметрическими показателями.

Для почв рекреационных ландшафтов предложены следующие безразмерные интегральные мультипликативные показатели по группам параметрических показателей (их символы в таблице 1):

– показатель изменения физических свойств $P_{\text{фс}} = T \times TV \times ПТ \times MB / ОП \times B$;

– показатель изменения химического состава $P_{\text{хс}} = pH_{\text{в}} \times CC \times K / Г$;

– показатель биологической активности $P_{\text{ба}} = АЦ \times АК$.

Для оценки состояния древостоя рекреационных ландшафтов (на примере березы) предлагается использовать интегральные показатели:

– показатель жизненного состояния

$$B_{\text{ЖС}} = \text{УР} \times \text{ОТ} / \text{ПР} \times \text{ПП};$$

– показатель морфометрических изменений $B_{\text{ММ}} = B_{\text{АЛ}} / B_{\text{ПЛ}};$

– показатель биофизических изменений $B_{\text{БФ}} = \Delta T_{\text{с-п}} / \Delta W_{\text{с-п}}.$

Для оценки состояния поверхностных вод временного сосредоточения также предлагается использовать интегральные показатели их химического (нефтепродукты, соединения азота, фосфаты и пр.) и биологического (общие и термотолерантные колиформные бактерии, коли-индекс) загрязнения. Однако их массовое применение нецелесообразно в связи с эпизодическим проявлением и

невысокой информативностью этого типа вод для целей диагностики экологического состояния рекреационных территорий.

По данным приведенных в таблице 1 значений параметрических показателей рассчитаны «реперные» значения предложенных интегральных показателей для всех стадий деградации рекреационных ландшафтов (табл. 2).

Для графического определения стадий деградации рекреационных ландшафтов по интегральным расчетным показателям экологического состояния их почв и древостоя разработана серия номограмм (рис. 1).

Таблица 1

Показатели состояния компонентов рекреационных ландшафтов Горного Алтая

Table 1

Indicators of the state of recreational landscape components In the Gorny Altai

Параметрические показатели	Символ	Значения для стадий деградации (ед. фона)				
		1	2	3	4	5
Почвы (интервал 0–10 см)						
Температура**	Т	1.0	1.15	1.3	1.45	1.6
Твердость**	ТВ	1.0	2.0	5.0	10.0	20.0
Магнитная восприимчивость**	МВ	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0
Плотность***	ПТ	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2
Влажность**	В	1.0	0.9	0.75	0.6	0.4
рН водный**	рН _в	1.0	1.02	1.06	1.1	1.15
Содержание гумуса***	Г	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
Карбонатность***	К	1.0	1.3	1.65	2.0	2.5
Солесодержание***	СС	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Активность каталазная *** (целлюлозная*)	АК (АЦ)	0.9(0.95)	0.4(0.8)	0.3(0.7)	0.25(0.6)	0.2(0.45)
Древесные породы: береза (сосна)						
Размер усыхания*	УР	1.0	2.5 (2.2)	3.8 (3.0)	4.6 (3.6)	5.0 (4.0)
Текущий отпад*	ОТ	1.0	1.05 (1.06)	1.1 (1.12)	1.16 (1.2)	1.25 (1.3)
Радиальный прирост за последние 5 лет*	ПР	1.0	0.85 (0.9)	0.7 (0.75)	0.5 (0.6)	0.3 (0.4)
Величина асимметрии листа*	Б _{ал}	1.0	1.2	1.5	1.9	2.4
Площадь листовой пластинки*	Б _{пл}	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
Длина осевого побега 2-го года*	С _{дп}	(1.0)	(0.82)	(0.65)	(0.50)	(0.40)
Длина хвои*	С _{дх}	(1.0)	(0.9)	(0.8)	(0.7)	(0.6)
Число хвоинок на 10 см побега*	С _{чх}	(1.0)	(1.2)	(1.4)	(1.6)	(1.8)
Разность температур ствол-почва**	ΔТ _{с-п}	1.0	0.8 (0.85)	0.6 (0.7)	0.4 (0.5)	0.2 (0.3)
Разность влажности ствол/корни**	ΔW _{с-п}	1.0	0.8 (0.9)	0.6 (0.7)	0.4 (0.5)	0.2 (0.3)
Проективное покрытие под кроной*	ПП	1.0	0.75	0.45	0.20	0.05

* – визуальное определение, ** – измерение на месте, *** – определение в лаборатории

Таблица 2

Интегральные показатели состояния компонентов рекреационных ландшафтов РА

Table 2

Integral indicators of the state of components of RA recreational landscapes

Интегральные показатели		Символ	Значения для стадий деградации (ед. фона)				
			1	2	3	4	5
Почвы (интервал 0–10 см)							
Изменения физических свойств		П _{ФС}	1.0	5	25	140	850
Изменения химического состава		П _{ХС}	1.0	2.5	5.8	13.8	43.1
Изменения биологической активности		П _{БА}	0.5	0.32	0.21	0.15	0.09
Древесные породы							
Береза	Жизненное состояние	Б _{ЖС}	1.0	3.1	6.0	10.3	20.0
	Морфометрические изменения	Б _{ММ}	1.0	1.2	1.8	2.6	3.7
	Биофизические изменения	Б _{БФ}	1.0	1.5	2.3	4.0	9.0
Сосна	Жизненное состояние	С _{ЖС}	1.0	2.6	4.5	7.2	10.4
	Морфометрические изменения	С _{ММ}	1.0	1.6	2.7	4.0	7.5
	Биофизические изменения	С _{БФ}	1.0	1.4	2.4	4.0	7.3

Итоговый синтетический показатель, характеризующий экологическое состояние рекреационного ландшафта в целом и выраженный в виде обобщенной стадии его деградации, представляет собой сумму синтетических показателей стадии деградации почв и древостоя (с учетом их «вклада»).

Для этого предлагается использовать следующие синтетические показатели стадии деградации компонентов и рекреационных ландшафтов в целом:

– показатель стадии деградации (дигрессии) почвенного покрова ($СД_{\text{П}}$);

– показатель стадии деградации древостоя ($СД_{\text{ДР}}$);

– показатель стадии деградации рекреационных ландшафтов в целом ($СД_{\text{РЛ}}$).

Многие исследователи причинно-следственных связей трансформации экологического статуса компонентов рекреационных ландшафтов указывают на превалирующую роль изменений физических и водно-физических свойств почв и вторичный (запаздывающий) характер изменений жизненного состояния растительного покрова [Казанская и др., 1977; Дыренков, 1983; Рысин, Полякова, 1987].

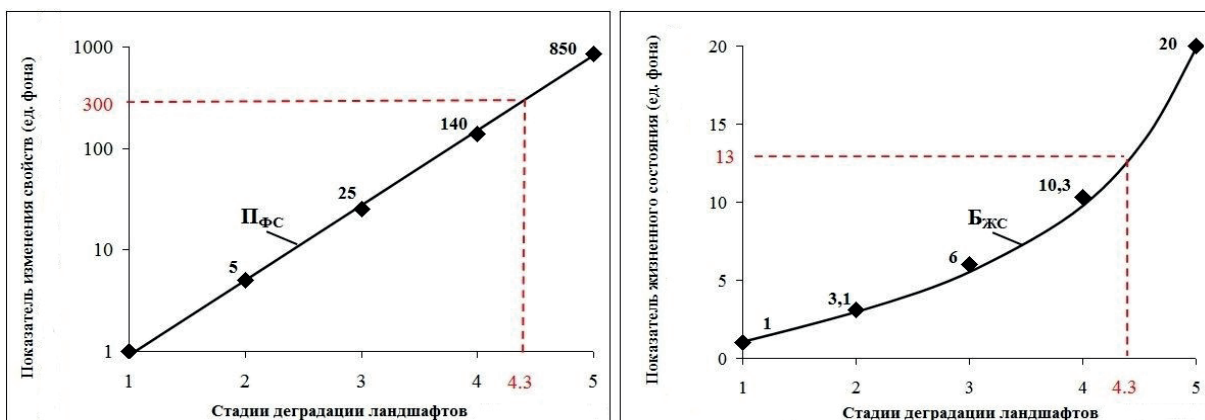


Рис. 1. Примеры определения стадий деградации ландшафтов по интегральным показателям изменения физических свойств почв (слева) и жизненного состояния березы (справа)

Fig. 1. Examples for determining the stages of landscape degradation based on integral indicators of changes in the physical properties of soils (left) and indicators of the state of birch (right)

Этот вывод подтверждает анализ корреляционных связей уровней деградации этих ландшафтообразующих компонентов. По его результатам рассчитан удельный вклад предложенных интегральных показателей в оценку экологического состояния компонентов. Так, для почв максимальный вклад (75%) вносят изменения физических и водно-физических свойств, 20% – изменения химического состава и 5% – биологической активности. Для древесных пород половине вклада дают изменения их жизненного состояния и по 25% – изменения морфометрических и биофизических показателей.

С учетом этого, синтетический показатель стадии деградации (дигрессии) почв рекреационных ландшафтов региона рассчитывается следующим образом:

$$СД_{П} = 0.75СД(П_{ФС}) + 0.25СД(П_{ХС}) + 0.05СД(П_{БА}),$$

где $СД(П_{ФС})$, $СД(П_{ХС})$, $СД(П_{БА})$ – стадии деградации (дигрессии) почв, определенные по интегральному показателю изменения их физических свойств, химического состава и биологической активности соответственно.

Синтетический показатель стадии деградации рекреационных ландшафтов по состоянию древесных пород (на примере березы – $СД_{Б}$) рассчитывается следующим образом:

$$СД_{Б} = 0.5СД(Б_{ЖС}) + 0.25СД(Б_{ММ}) + 0.25СД(Б_{БФ}),$$

где $СД(Б_{ЖС})$, $СД(Б_{ММ})$, $СД(Б_{БФ})$ – стадии деградации рекреационного ландшафта, определенные по интегральным по-

казателям изменения жизненного состояния березы, ее морфометрических и биофизических свойств соответственно. В случае присутствия на участке рекреации двух и более древесных пород синтетический показатель стадии деградации древостоя рассчитывается по каждому виду и используется их среднее значение.

Согласно экспертных оценок [Репшас, 1990], экологическое состояние рекреационных ландшафтов примерно на две трети определяет состояние почв и на треть – растительного покрова. Исходя из этого, обобщенный синтетический показатель стадии их деградации предлагается рассчитывать следующим образом:

$$СД_{рл} = 0.7СД_{П} + 0.3СД_{др}$$

Кроме прямого расчета этого генерализованного показателя степени деградации рекреационных ландшафтов, его можно определить графически по следующей номограмме (рис. 2).

Заключение

В рамках исследования было выполнено обобщение данных ранее проведенного изучения экологического состояния интенсивно используемых рекреационных ландшафтов Республики Алтай.

Методологическая основа предложенной оценки экологического состояния рекреационных ландшафтов Горного Алтая состоит в использовании унифицированного комплекса нормированных на величину местного фона параметрических, интегральных и синтетических показателей степени де-

радации их почвенно-растительного покрова. В частности, предложен алгоритм из трехуровневой системы оценки (показатели дигрессии почв, растительности и далее ландшафтов) состояния рекреационных ландшафтов, позволяющей обеспечить высокий уровень ее достоверности. Последняя достигается посредством использования интегральных показателей, позволяющих учесть фактор накопления негативных изменений в природных средах по мере усиления вытаптывания и перехода на более высокие стадии рекреационной дигрессии.

При этом итоговый синтетический показатель, характеризующий экологическое состояние рекреационного ландшафта в целом, рассчитывается с учетом вклада отдельных показателей.

Так, для почв максимальный вклад

(75%) вносят изменения физических и водно-физических свойств, 20% – изменения химического состава и 5% – биологическая активность. Для древесных пород половину вклада дают изменения их жизненного состояния и по 25% – изменения морфометрических и биофизических показателей. При оценке экологического состояния рекреационных ландшафтов учитывается, что примерно на две трети оно зависит от состояния почв и на треть от растительного покрова.

Предполагается, что разработанный количественный методический подход носит универсальный характер, но в тоже время требуется адаптация для различных типов природных ландшафтов, исходя из выбора комплекса показателей состояния почвенно-растительного покрова, наиболее чутко реагирующих на вытаптывание.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

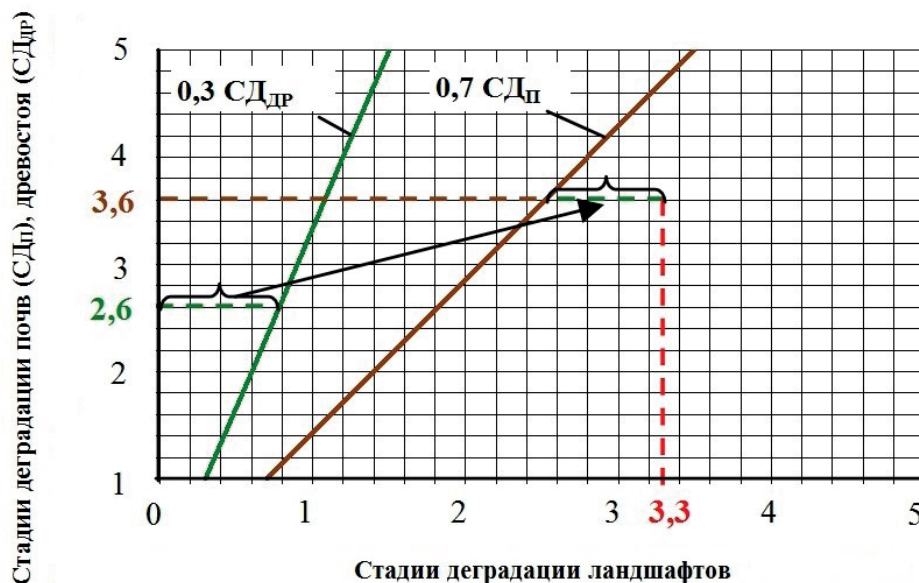


Рис. 2. Номограмма для определения стадий деградации рекреационных ландшафтов по синтетическим показателям состояния почв и древостоя

Fig. 2. Nomogram for determining the stages of degradation of recreational landscapes by synthetic indicators of soil and forest status

Работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН («Оценка эколого-биогеохимической обстановки в речных бассейнах Сибири в условиях изменения климата и антропогенного воздействия»); научного проекта РФФИ № 20-45-040002 «Разработка методических рекомендаций по комплексной оценке экологического состояния рекреационных ландшафтов Республики Алтай» (2020–2021 гг.).

Список литературы

Бганцова В.А., Бганцов В.Н., Соколов А.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву // Природные аспекты рекреационного использования лесов. М.: Наука, 1987. С. 70–95.

Бусыгин Г.В., Карасев В.Н., Карасева М.А. Диагностика жизнеспособности деревьев по температурным параметрам // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. Вып. 12. С. 9–12.

Данчева А.В., Залесов С.В., Муканов Б.М. Влияние рекреационных нагрузок на биометрические параметры ассимиляционного аппарата сосновых древостоев // Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 2. С. 44–50.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2022 году. Горно-Алтайск, 2023. 146 с.

Дыренков С.А. Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 20–35.

Евсеева А.А., Константинов Е.Л. Использование показателя рекреационной измененности для определения воздействия рекреации на состояние лесных фитоценозов // Геоэкология. 2018. № 14. С. 15–19.

Егоров А.Г. Изменение твердости почв прибрежных территорий среднего течения реки Томи в условиях рекреационного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2010. № 2. С. 9–14.

Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. М.: Лесная промышленность, 1977. 96 с.

Кузнецов В.А., Стома Г.В., Рыжова И.М. Зависимость изменений свойств почв тропинок и их импактных зон в лесопарках Москвы от уровня рекреационного воздействия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 2. С. 19–29.

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

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

Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В., Павлова К.С. Обзор

экологических проблем на территории Республики Алтай // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 32–37.

Репшас Э.А. Теоретические предпосылки изучения рекреационной дигрессии леса // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 23–26.

Рысин Л.П., Полякова Г.А. Влияние рекреационного лесопользования на растительность // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 4–26.

Савенко К.С., Робертус Ю.В., Ситникова В.А. К вопросу оценки экологического состояния рекреационных территорий (на примере Республики Алтай) // Рекреационная география и тренды развития туризма: Матер. III межд. науч.-практ. конф. (21–27 сентября 2020 г., Иркутск). Иркутск. 2021. С. 95–98.

Сериков М.Т., Сивцов С.А. Рекреационные нагрузки в пойменных лесах музея-заповедника М.А. Шолохова // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 17, № 1. С. 17–24.

Собчак Р.О., Афанасьева Т.Г., Копылов М.А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 195–199.

Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1986. 187 с.

Халикова О.В., Исяньюлова Р.Р. Влияние рекреации на состояние почвенного покрова черноморского побережья России // Лесной вестник. 2019. Т. 23, № 6. С. 51–59.

Черных Д.В., Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край). Карта. М 1:500000. ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011.

Чинова В.П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. Смоленск: Ойкумена, 2011. 176 с.

Cole David N. Impacts of Hiking and Camping on Soils and Vegetation: a review // Environmental Impacts of Ecotourism. Wallingford: CABI Publishing, 2004. P. 41–61.

Cole David N. Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures // Biological Conservation. 1993. Vol. 63. P. 209–215.

Cole David N. Wilderness Campsite Monitoring Methods: A Sourcebook. 1989. URL: <http://leopold.wilderness.net/pubs/179.pdf> (accessed: 25.01.2024).

Cole David N. Wildlife preservation and recreational use: conflicting goals of wildland management // Transactions of the 56th North American wildlife and natural resources conference. 1991. P. 233–237.

Liddle M.J. Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism. London: Chapman and Hall, 1997. 639 p.

Monti P.W. Effects of camping surface soil properties in the Boreal Forest Region of Northwestern Ontario, Canada // Soil Science Society of America. 1979. Vol. 43, no. 5. P. 1024–1029.

Parsons D.J., MacLeod S.A. Measuring Impacts of Wilderness Use // PARKS. 1980. Vol. 5, no. 3. P. 8–12.

References

Bgantsova V.A., Bgantsov V.N., Sokolov A.A. Influence of recreational forest management on the soil. Prirodnyi aspekty rekreatsionnogo ispol'zovaniya lesov [Natural aspects of recreational use of forests]. Moscow: Nauka, 1987, P. 70–95. (in Russian).

Busygin G.V., Karasev V.N., Karaseva M.A. Diagnostika zhiznesposobnosti derev'ev po temperaturnym parametram [Diagnostics of tree viability by temperature parameters] // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. [Actual problems of the forest complex]. 2005. Issue 12. P. 9–12. (in Russian).

Dancheva A.V., Zalesov S.V., Mukanov B.M. Influence of recreational loads on biometric parameters of the assimilation apparatus of pine stands. Lesnoj vestnik [Forest Bulletin]. 2015. Vol. 19, no. 2, P. 44–50. (in Russian).

Doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Respubliki Altaj v 2022 godu. Pod red. Yu. V. Robertusa. [Report on the state and environmental protection of the Republic of Altai in 2022. Under the editorship of Y. V. Robertus.]. Gorno-Altaysk, 2023. 146 p. (in Russian).

Dyrenkov S.A. Change of forest biogeocenoses under the influence of recreational loads and the possibility of their regulation. Rekreacionnoe lesopol'zovanie v SSSR [Recreational forest management in the USSR]. Moscow: Nauka, 1983. P. 20–35. (in Russian).

Evseeva A.A., Konstantinov E.L. Using the indicator of recreational variability to determine the impact of recreation on the state of forest phytocenoses. Geoekologiya [Geocology]. 2018. No. 14, P. 15–19. (in Russian).

Egorov A.G. changes in the soil hardness of coastal territories of the middle reaches of the Tom River in the conditions of recreational impact. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. 2010. No. 2. P. 9–14. (in Russian).

Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. Rekreacionnye lesa [Recreational forests]. Moscow: Forest industry, 1977. 96 p. (in Russian).

Kuznetsov V.A., Stoma G.V., Ryzhova I.M. Dependence of changes in soil properties of paths and their impact zones in Moscow forest parks on the level of recreational impact. Vestnik Moskovskogo universiteta [Bulletin of the Moscow University]. 2018. Vol. 17, no. 1. P. 19–29. (in Russian).

Pavlova K.S., Robertus Yu.V. Methodological approaches to assessing the ecological state of natural Complexes of recreational territories. Problemy regional'noj ekologii [Problems of regional ecology]. 2014. No. 5. P. 54–59. (in Russian).

Pavlova K.S., Robertus Yu.V., Kivatskaya A.V. The nature of changes in the properties and composition of soils in recreational territories (on the example of the Katunsky district of the Altai Republic). Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya [World of science, culture, education]. 2013. No. 1 (38). P. 338–342. (in Russian).

Puzanov A.V., Robertus Yu.V., Lyubimov R.V., Kivatskaya A.V., Pavlova K.S. Review of environmental problems in the territory of the Altai Republic. Problemy regional'noj ekologii [Problems of regional ecology]. 2015. No. 2. P. 32–37. (in Russian).

Repshas E.A. Theoretical prerequisites for studying recreational forest digression. Optimizaciya rekreacionnogo lesopol'zovaniya [Optimization of recreational forest management]. Moscow: Nauka, 1990. P. 23–26. (in Russian).

Rysin L.P., Polyakova G.A. Influence of recreational forest management on vegetation. Prirodnye aspekty rekreacionnogo ispol'zovaniya lesa [Natural aspects of recreational use of the forest]. Moscow: Nauka, 1987. P. 4–26. (in Russian).

Savenko K.S., Robertus Yu.V., Sitnikova V.A. On the issue of assessing the ecological state of recreational areas (on the example of the Altai Republic) // Rekreacionnaya geografiya i trendy razvitiya turizma: Mater. III mezhd. nauch.-prakt. konfer. (21–27 sent. 2020 g., Irkutsk) [Recreational geography and tourism development trends: Proceed.. III International scientific and practical conference (Sept. 21–27, 2020)]. Irkutsk: 2021. P. 95–98. (in Russian).

Serikov M.T., Sivtsov S.A. Recreational loads in floodplain forests of the Museum-reserve of M. A. Sholokhov. Lesotekhnicheskij zhurnal [Forest technical magazine]. 2017. Vol. 17, no. 1. P. 17–24. (in Russian).

Sobchak R.O., Afanasieva T.G., Kopylov M.A. Assessment of the ecological state of recreational zones by the method of fluctuating leaf asymmetry of *Betula pendula* Roth. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Tomsk state University]. 2013. No. 368. P. 195–199. (in Russian).

Tarasov A.I. Rekreacionnoe lesopol'zovanie [Recreational forest management]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 187 p. (in Russian).

Khalikova O.V., Isyanyulova R.R. influence of recreation on the state of the soil cover of the black sea coast of Russia. Lesnoj vestnik [Forest Bulletin]. 2019. Vol. 23. No. 6. P. 51–59. (in Russian).

Chernyh D.V., Samojlova G.S. Landshafty Altaya (Respublika Altaj i Altajskij kraj). Karta. M 1:500000 [Landscapes of Altai (Altai Republic and Altai territory). Map. M 1:500000]. Lesotekhnicheskij Federal state unitary enterprise Novosibirsk cartographic factory, 2011. (in Russian).

Chizhova V.P. Rekreacionnye landshafty: ustojchivost', normirovanie, upravlenie [Recreational landscapes: sustainability, rationing, management]. Smolensk: oikumena, 2011. 176 p. (in Russian).

Cole David N. Impacts of Hiking and Camping on Soils and Vegetation: a review // Environmental Impacts of Ecotourism. Wallingford: CABI Publishing, 2004. P. 41–61.

Cole David N. Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures // Biological Conservation. 1993. Vol. 63. P. 209–215.

Cole David N. Wilderness Campsite Monitoring Methods: A Sourcebook. 1989. URL: <http://leopold.wilderness.net/pubs/179.pdf> (accessed: 25.01.2024).

Cole David N. Wildlife preservation and recreational use: conflicting goals of wildland management // Transactions of the 56th North American wildlife and natural resources conference. 1991. P. 233–237.

Liddle M.J. Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism. London: Chapman and Hall, 1997. 639 p.

Monti P.W. Effects of camping surface soil properties in the Boreal Forest Region of Northwestern Ontario, Canada // Soil Science Society of America. 1979. Vol. 43, no. 5. P. 1024–1029.

Parsons D.J., MacLeod S.A. Measuring Impacts of Wilderness Use // PARKS. 1980. Vol. 5, no. 3. P. 8–12.

METHODOLOGICAL BASIS FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL STATE OF RECREATIONAL LANDSCAPES (ON THE EXAMPLE OF THE GORNY ALTAI)

Yu.V. Robertus, V.A. Sitnikova, K.S. Savenko, R.V. Lyubimov

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: geokol04@mail.ru; valya_90_well@mail.ru; kassisavenko@gmail.com

The material of long-term research works on the assessment and monitoring of the ecological state of the components of the recreational landscapes of the Altai Republic is analyzed. The content of a new methodological approach to the assessment of the ecological state of the natural landscapes of the region used for recreational purposes is disclosed. The approach is based on a set of multi-level indicators of the degree of degradation of the main landscape-forming components - soil and vegetation cover, normalized by the value of the local background. The universal nature of this approach is substantiated and an algorithm for its application to assess the state of recreational landscapes is proposed.

Keywords: Altai Republic; recreational landscapes; state indicators; methodological foundations; comprehensive assessment.

Received April 29, 2024. Accepted: June 1, 2024

Сведения об авторах

Робертус Юрий Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: geokol04@mail.ru.

Ситникова Валентина Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-4606-3766. E-mail: valya_90_well@mail.ru.

Савенко Ксения Сергеевна – кандидат географических наук, научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0004-9903-7299. E-mail: kassisavenko@gmail.com.

Любимов Роман Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0006-6254-737X. E-mail: geokol04@mail.ru.

Information about the authors

Robertus Yurii Vladimirovich – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, leading Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: geokol04@mail.ru.

Sitnikova Valentina Aleksandrovna – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-4606-3766. E-mail: valya_90_well@mail.ru.

Savenko Ksenia Sergeevna – PhD in Geographical Sciences, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0004-9903-7299. E-mail: kassisavenko@gmail.com.

Lyubimov Roman Vladimirovich – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0006-6254-737X. E-mail: geokol04@mail.ru.