

Статья принята в печать и будет опубликована в журнале:
«Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле»

**Оценка нарушенности и экологической устойчивости
ландшафтов на островах Южных Курил**

*Опекунова Марина Германовна, Арестова Ирина Юрьевна,
Опекунов Анатолий Юрьевич, Сомов Всеволод Владимирович,
Кукушкин Степан Юрьевич, Лисенков Сергей Алексеевич, Никулина Анна Романовна*



DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.104>

Дата получения рукописи: 16.05.2023

Дата принятия рукописи в печать: 10.11.2023

Для цитирования: Опекунова, М. Г., Арестова, И. Ю., Опекунов, А. Ю., Сомов, В. В., Кукушкин, С. Ю., Лисенков, С. А., Никулина, А. Р. (2024) Оценка нарушенности и экологической устойчивости ландшафтов на островах Южных Курил. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 69 (1). DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.104>

Это неотредактированный файл принятой к публикации рукописи. До публикации в окончательном виде она будет подвергнута редактированию и верстке. Обратите внимание, что во время производственного процесса могут быть выявлены ошибки, влияющие на содержание. К данной рукописи применяются все правовые оговорки, относящиеся к журналу.

УДК 552.143:550.4:549.02

Оценка нарушенности и экологической устойчивости ландшафтов на островах Южных Курил*

Опекунова Марина Германовна, Арестова Ирина Юрьевна, Опекунов Анатолий Юрьевич, Сомов Всеволод Владимирович, Кукушкин Степан Юрьевич, Лисенков Сергей Алексеевич, Никулина Анна Романовна

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия,
Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, 199034

Опекунова М.Г.: m.opekunova@spbu.ru;

Арестова И.Ю.: i.arestova@spbu.ru;

Опекунов А.Ю.: a.opekunov@spbu.ru;

Сомов В.В.: v.somov@spbu.ru;

Кукушкин С.Ю.: s.kukushkin@spbu.ru;

Лисенков С.А.: serlisenkov@mail.ru;

Никулина А.Р.: st075731@student.spbu.ru

Аннотация

Включение островов Южных Курил в Программу территорий опережающего развития ведет к возрастанию антропогенного воздействия на природные комплексы за счет интенсификации экономики региона по направлениям туризм, спорт, сельское хозяйство и рыбопромышленный комплекс. В связи с этим актуальным становится научное обоснование допустимых уровней различных видов природопользования на островах, включенных в программу. Для этого необходимо иметь данные о современном состоянии экосистем территории и научно выверенные оценки экологической устойчивости природных комплексов островов. В статье приводятся результаты исследований на участках трех островов Южных Курил – Кунашир, Шикотан и Итуруп. Выполнена оценка стадий рекреационной дигрессии почв и растительности на основе

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» № 14-2021-Р.

следующих показателей: мощность почвенной подстилки и степень ее разложения, количество видов сосудистых растений, наличие индикаторных видов, соотношение аборигенных и синантропных видов, нарушенность растительного покрова, повреждения древостоя, состояние подроста, жизненность растений, общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, степень обустроенности территории. Проведена экспертная оценка экологической устойчивости природных комплексов к ландшафтно-деструктивным и эмиссионным воздействиям. В качестве уровня общей устойчивости природного комплекса принято наименьшее значение из двух определенных видов. Реализован комплексный подход, включающий оценку нарушенности ПТК и их устойчивости к различным видам антропогенных воздействий, направленный на нормирование рекреационной нагрузки и проведение природоохранных мероприятий. Установлено, что проблема прогрессирующей деградации наиболее актуальна для о-ва Итуруп, большинство достопримечательностей которого легко доступны для массового неконтролируемого потока туристов. На особо охраняемых природных территориях большей части островов Кунашир (заповедник Курильский) и Шикотан (заказник Малые Курилы) регулирование туристических потоков снижает риск нарушений и деградации природной среды. Установленные уровни дигрессии и устойчивости ПТК могут быть использованы в разработке нормативов рекреационной нагрузки с учётом оптимизации туристической деятельности на Южных Курилах.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, загрязнение, экологический туризм, почвы, растительность

1. Введение

Курильские острова имеют важное геополитическое значение, обладают уникальными природными объектами и ресурсами. Однако по степени антропогенной нарушенности территории они принадлежат к малоизученным районам. Согласно Стратегии социально-экономического развития Сахалинской области, Курильские острова отнесены к территории опережающего социально-экономического развития (ТОР). Государственные программы предусматривают реконструкцию и развитие энергетического комплекса, дорог, портов, предприятий рыбопереработки, туристической инфраструктуры (Федеральная целевая программа..., 2015). Все это неизбежно приведет к росту техногенных нагрузок на природно-территориальные

комплексы (ПТК). Поэтому рациональное природопользование должно базироваться на научно выверенных оценках экологической устойчивости ПТК островов.

Под экологической устойчивостью понимается способность геосистемы при воздействии различных природных и техногенных факторов сохранять (или восстанавливать) равновесие связей, параметров состава, структуры, состояния и свойств отдельных компонентов, а также обеспечивать стабильное функционирование систем, которые она вмещает (Чижова, 2011; Дмитриев и др., 2020). Важным является положение о том, что устойчивость по отношению к внешним техногенным воздействиям нельзя оценивать вообще, а только применительно к конкретному виду нарушений (Недра России, 2002; Осипов, Гарманов, 2016; Непомнящий и др., 2021; Софронов и др., 2022). Если же для одного и того же ПТК определяют устойчивость к разным видам техногенных воздействий, присутствующих одновременно, то за уровень общей устойчивости геосистемы следует принимать наименьшее значение из всех определенных (Николаева, 2008). Именно эта характеристика будет определять состояние ПТК данной территории.

Существует два основных подхода к оценке устойчивости (Щербаков и др., 1994; Васильевская, 1996; Опекунова и др., 2001). Первый из них – широко распространенные экспертные оценки с использованием балльных шкал, основанные на анализе результатов натурных исследований (Казанская, 1972; Таран, Спиридонов, 1977; Бузмаков и др., 2011; Чижова, 2011; Rüdisser et al., 2012; Дмитриев и др., 2020; Непомнящий и др., 2021). Второй – предполагает использование дерева признаков для оценки ведущих процессов антропогенного воздействия (Щербаков и др., 1994; Осипов, Гарманов, 2016; Krajewski, 2019) – используется применительно к сложным системам, для которых получение прямых количественных характеристик затруднено из-за отсутствия методик расчета. Оценка устойчивости структурных частей геосистемы требует определения существующего уровня техногенной нагрузки, для этого необходима полная инвентаризация источников и видов воздействия, расчет их «рейтинговых оценок».

Территория Южных Курил долгое время являлась относительно закрытым для рекреации объектом как в силу низкой транспортной доступности, так и из-за плохой информированности потенциальных туристов о существующих достопримечательностях. Сейчас поток посетителей на о-вах Кунашир и Итуруп нарастает с каждым годом. По учетным данным только одного туристского объекта (Фумарольная долина влк. Баранского, о. Итуруп) за туристский сезон 2020 г. количество

посетителей составило 1100 человек, а в 2021 г. в период с 14.07 по 15.08 количество посетителей достигло 799 человек. Туристы перемещаются по островам как в составе организованных групп, где учитывается количество посетителей на каждом маршруте; так и самостоятельно, часто нигде не регистрируясь. Всё это сопровождается нарастанием нагрузки на природную среду: ландшафтно-деструктивных, эмиссионных и параметрических воздействий, изменяющих облик территории. Необходимо учитывать, что даже локальное воздействие может нанести вред редким или исчезающим видам, привести к ухудшению общего состояния экосистемы (Leung, Marion, 2000), способствовать вытеснению отдельных видов животных и растений из основных мест обитания (Чижова, 2011; Wolf et al., 2019; Meyer et al., 2020; Пустовалова, Веселкин, 2020; Zhong et al., 2020). Кроме того, неконтролируемое развитие сети троп и площадок для отдыха вызывает эффект фрагментации ландшафта (Казанская и др., 1977; Rüdisser et al., 2012; Bityukov, Shagarov, 2016).

Исследованию процессов рекреационной дигрессии посвящены труды многих отечественных (Казанская, 1972; Таран, Спиридонов, 1977; Большаков и др., 2019; Кузнецов и др., 2019 и др.) и зарубежных (Wall et al., 1977; Roca et al., 2011; Rüdisser et al., 2012; Manning, 2014 и др.) ученых. При этом большинство отечественных исследований основывается на ландшафтном подходе при оценке уровня дигрессии, учитывая характеристики всех компонентов ландшафта и их естественную изменчивость при переходе от одного ландшафта к другому (Рысин, 2003; Непомнящий и др., 2021). Подобные работы выполнялись для различных регионов России: Москва и Московская обл. (Казанская и др., 1977), Черноморское побережье вблизи г.Сочи (Bityukov, Shagarov, 2016), Байкальский регион (Знаменская и др., 2018), Ленинградская обл. (Исаченко и др., 2020) и другие регионы. Для большей же части зарубежных работ характерен ресурсный подход, учитывающий при оценке дигрессии преимущественно лишь характеристики значимых для рекреации ресурсов (Stankey et al., 1985; Zhong et al., 2020; Wolf et al., 2019; Meyer et al., 2020; и др.). Использование данного подхода позволяет четко выстраивать систему управления рекреацией в отдельно взятых объектах, но мало учитывает связь данного объекта с сопредельными ландшафтами.

Для нормирования рекреационной нагрузки и проведения природоохранных мероприятий необходимо знать степень трансформации ПТК и их устойчивость к различным видам рекреационного воздействия. Новизна предлагаемого подхода заключается в совмещении анализа нарушенности природных комплексов и их устойчивости к различным видам антропогенных воздействий. Кроме того, предлагается

использовать разные шкалы устойчивости для естественных ПТК и селитебных участков.

2. Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются ПТК островов Южных Курил – Кунашира, Шикотана и Итурупа. В августе 2021 г. на этих островах проведены комплексные геоэкологические исследования, включающие изучение состояния участков особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на о. Кунашир и Шикотан, а также определение устойчивости ландшафтов в условиях активизации промышленной деятельности, развития туризма и туристической инфраструктуры островов. Дана детальная характеристика ПТК, включающая физико-географическое описание и ландшафтное картографирование с использованием пеших и автомобильных маршрутов. Изучено 3 городских территории. Всего заложено 140 станций мониторинга (СМ), расположенных на 9 геоэкологических профилях (рис. 1).

При экологической оценке нарушенности ПТК выделяют 5 стадий рекреационной дигрессии (Казанская 1972; Казанская и др., 1977; Чижова, 2011; Знаменская и др., 2018). Граница устойчивости природного комплекса, то есть предел, после которого наступают необратимые изменения, проходит между III и IV стадиями. Поэтому за предельно допустимую принимается нагрузка, которая соответствует III стадии дигрессии. Необратимые изменения в природном комплексе начинаются на IV, а угроза гибели лесных насаждений – на V стадии.

Анализ нарушенности ПТК предусматривает оценку состояния почв (мощность, степень разложения подстилки) и растительного покрова (общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, количество видов, соотношение аборигенных и синантропных видов, жизненность, состояние подроста, наличие индикаторных видов, нарушенность) (Казанская и др., 1977; Чижова, 2011; Бузмаков и др., 2011; Знаменская и др., 2018). Отнесение видов растений к синантропным производилось в соответствии с их принадлежностью к соответствующей эколого-ценотической группе, выделенной В.Ю. Баркаловым (2009). Кроме того, оценивается степень обустроенности территории (наличие дорог, густота тропинойной сети, наличие инфраструктуры замусоренность).

После присвоения баллов каждому из оцениваемых показателей, вычислялось среднее арифметическое, характеризующее степень деградации ПТК. В зависимости от его значения присваивалась соответствующая стадия дигрессии.

Для обоснования репрезентативности полученных результатов нарушенность исследованной территории оценивалась по двум методикам. Определялись стадии рекреационной дигрессии по Н.С. Казанской (Казанская и др., 1977): мощность и стадия разложения подстилки, состояние подроста, развитие тропинойной сети. Оценка нарушенности территорий давалась на основе объединения критериев (Казанская и др., 1977; Чижова, 2011).

Анализ состояния селитебных территорий проводился в границах пгт. Южно-Курильск (о. Кунашир), пгт. Крабозаводское (о. Шикотан), г. Курильск (о. Итуруп), которые различаются по степени трансформации природных комплексов. Использование шкалы рекреационной дигрессии для естественных участков здесь непоказательно, поэтому применен подход, основанный на характере застройки и уровне обустроенности объекта. Для этого предлагается авторская 5-и балльная шкала состояния и нарушенности, где 1-я категория присваивается участкам с минимальным уровнем трансформации естественных ПТК, а 5-я категория – при полной замене естественных природных комплексов:

1 – поселения «хуторного» типа, рудеральные виды встречаются единично (не более 10% от общего количества видов), почвенный покров практически не нарушен, преобладают естественные ПТК;

2 – поселения с отдельными хорошо сохранившимися участками естественных ПТК, рудеральные виды активно внедряются в сообщества (до 30% от общего количества видов), почвенный покров сохраняет свои природные характеристики только на участках сохранившихся естественных ПТК;

3 – поселения городского типа с доминирующей рудеральной растительностью (50-70% от общего количества видов), почвенных покров сохранен фрагментарно, часть территории заасфальтирована, естественные ПТК практически отсутствуют;

4 – поселения городского типа с рудеральными растительными сообществами (газоны), естественные почвы отсутствуют, присутствуют насыпные грунты или территория заасфальтирована;

5 – поселения городского типа, рудеральная растительность присутствует фрагментарно или ее нет, почвенный покров отсутствует, территория заасфальтирована.

Для оценки устойчивости ПТК к антропогенным нарушениям была разработана система биогеоиндикаторных признаков, включающая оценку устойчивости абиотических и биотических компонентов, а также определение ассимиляционной емкости природной среды (рис. 2) (Недра России, 2002). Геоиндикаторами устойчивости

абиотических компонентов к химическому загрязнению являются геолого-геоморфологические условия, ветровой режим, динамика поверхностных вод, развитость почв и почвенного покрова. В качестве основных биоиндикаторов устойчивости к воздействию поллютантов выделены биопродуктивность, структура растительного покрова, видовое разнообразие. Ассимиляционная емкость ПТК определяется геолого-геохимическими условиями, механическим составом рыхлых отложений, площадью водной поверхности и густотой речной сети, заболоченностью территории. К биогеоиндикаторам устойчивости абиотических компонентов к ландшафтно-деструктивному воздействию добавляются: развитие склоновых и активность криогенных процессов, пастбищность, экобиоморфный состав, проективное покрытие растительного покрова. При биогеоиндикации устойчивости к параметрическим нарушениям первостепенное значение имеют показатели, оценивающие проявленность и интенсивность конкретного вида физического воздействия.

Для реализации экспертного оценивания устойчивости рассматриваемых ПТК к техногенезу использована программа “Признак” (Щербаков и др., 1994), которая позволяет формализовать решение задач методом аналогий и свести их к интерполяционным (экстраполяционным) алгоритмам, а также выполнить расчеты интегральных показателей с задаваемой структуризацией дерева признаков. Экспертный и рейтинговый анализы заключаются в установлении значимости и выраженности самих признаков. Решение задачи осуществлялось на основе разработанной иерархической системы признаков (рис. 2). Программа выполняет расчет относительных показателей, согласованность результатов работы экспертов оценивается с помощью статистического анализа по критерию Шеффе. При удовлетворительном сходстве интегральных показателей средние балльные характеристики геосистем переносятся в базу данных, реализуемую в ГИС (табл. 1, рис. 3, 4). В основу оценки устойчивости в качестве территориальной единицы положены природные комплексы согласно (Атлас Курильских островов, 2009).

Введение в дерево признаков устойчивости отдельно к геомеханическому воздействию и химическому загрязнению и их взвешивание в отношении ПТК островов Южных Курил позволяет получить оценку устойчивости к комплексному воздействию (рис. 2).

Результаты анализа антропогенной нарушенности изученных ПТК островов были подвергнуты ранжированию по степени рекреационной устойчивости. Всего было

выделено 5 уровней устойчивости (1 – устойчивые, 2 – относительно устойчивые, 3 – среднеустойчивые, 4 – слабоустойчивые, 5 – неустойчивые).

Для оценки общей устойчивости рассмотренных островов, помимо рекреационной, была проанализирована и устойчивость ПТК к комплексному воздействию. Ранжирование ПТК, как и в случае с рекреационной устойчивостью, делалось по 5-и балльной шкале. В качестве уровня общей устойчивости ПТК принималось наименьшее значение из двух определенных видов.

3. Результаты и обсуждения

3.1 Анализ нарушенности природно-территориальных комплексов

Анализ антропогенной нарушенности ПТК островов показал, что наибольший уровень рекреационной дигрессии характерен для смотровых площадок познавательного туризма о. Итуруп (III и IV стадии). Отмечается уменьшение мощности подстилки до 4 см (на слабонарушенных и восстанавливающихся участках мощность подстилки достигает 20 см), появление «окон вытаптывания», значительное преобразование сообществ: не только присутствие рудеральных видов растений по нарушениям, вдоль троп и дорог, но и их встраивание в структуру сообщества. Растения равномерно распределены по площадке, не наблюдается их приуроченности к отдельным участкам. Отмечены индикаторные виды нарушенности: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Gnaphalium uliginosum* L., *Heracleum lanatum* Michx., *Juncus tenuis* Willd., *Plantago asiatica* L., *Polygonum aviculare* L., *Rumex longifolius* DC., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Taraxacum officinale* Wigg., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L.

Большинство площадок с IV стадией дигрессии приурочены к возвышенным участкам на морских террасах и представляют собой смотровые площадки. Здесь почвенная подстилка распространена фрагментарно, сильно переуплотнена, ее мощность не превышает 4 см. В растительных сообществах идет разрастание рудеральных видов, среди которых *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Leontodon autumnalis* L. Увеличивается обилие *Poa pratensis* L., *Artemisia montana* (Nakai) Pamp., *Trifolium pratense*. В итоге крупнотравные и кустарничково-разнотравные сообщества заменяются рудерально-разнотравными и рудерально-крупнотравными. Однако заметного влияния на соседние ПТК отмеченные нарушения не оказывают – на площадках, граничащих с нарушенными, сохраняется естественный видовой состав, почвенная подстилка сплошная, мощностью 7-10 см, уровень дигрессии соответствует II стадии.

Минимальный уровень нарушенности (I стадия дигрессии) отмечается в ПТК, расположенных на выровненных участках плато с березовым редколесьем вейниково-сазовым и кедровым стлаником вейниково-сазовым. Это труднопроходимые участки с *Sasa senanensis* (Franch. et Savat.) Rehd. высотой 90-170 см, проективное покрытие достигает 100%. Кроме того, стланик служит местом кормежки медведей, что дополнительно отпугивает туристов.

На туристических маршрутах о-вов Кунашир и Шикотан изменения природных комплексов незначительны, доминирует II стадия рекреационной дигрессии ПТК. Наиболее распространены территории, на которых начинается разрушение подстилки, обусловленное как антропогенными (тропиночная сеть, вытаптывание, использование грунтовых дорог), так и естественными (дефляция и коррозия вблизи побережья океана) факторами. На вытоптанных участках, а также вдоль троп и дорог произрастают *Agrimonia striata* Michx., *Agrostis capillaris* L., *Dactylis glomerata* L., *Galium mollugo* L., *Heracleum lanatum*, *Juncus tenuis*, *Plantago asiatica*, *P. camtschatica* Link, *Poa pratensis*, *Polygonum aviculare*, *Prunella asiatica* Nakai, *Rumex longifolius*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*.

На территории, охваченной рекреационной деятельностью, уровень нарушенности возрастает до III стадии. Основные изменения как в составе растительных сообществ, так и в характеристиках почвенной подстилки фиксируются линейно вдоль троп и дорог, за их пределами ПТК практически не нарушены. Кроме того, и на о. Кунашир, и на о. Шикотан были отмечены несколько участков, уровень рекреационной дигрессии которых соответствует IV стадии. Это территории, активно посещаемые туристами: разбегенные грунтовые дороги, смотровые и кемпинговые площадки (участки маршрута в бухту Церковная, м. Край Света, Вершина Восточного купола влк. Головнина).

Дорожная сеть на островах развита слабо: одна-две основные с асфальтово-грунтовым покрытием, старые зарастающие военные дороги и неофициальные хорошо наезженные грунтовые дороги, используемые как рекреантами, так и местным населением. За счет отсутствия селитебной инфраструктуры и удаленности от нее бытовой мусор и нарушенность растительного покрова не обнаружены, но около дорог появляются рудеральные виды растений (*Agrimonia striata*, *Heracleum lanatum*, *Plantago asiatica*, *P. camtschatica*, *Prunella asiatica*, *Rumex longifolius*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*). На большинстве участков присутствует редкая сеть тропинок, не оказывающая значительного влияния на состояние сообществ.

В населенных пунктах преобладают участки 3–4 категорий нарушенности. Доля синантропных видов в сообществе возрастает до 80%, доминируют *Phleum pratense* L., *Artemisia montana*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *T. pratense*. Активно внедряются *Taraxacum officinale*, *Rumex crispus* L., *R. longifolius*, *Leontodon autumnalis*, *Plantago asiatica*, *Cirsium kamtschaticum*. На площадках хорошо развита дорожно-тропиночная сеть, территория вокруг площадок часто заасфальтирована.

Участки со 2 категорией нарушенности были обнаружены только в с. Крабозаводское. Здесь сохранились березово-ольховые древостои с кленом, елью, пихтой и с гортензией в кустарниковом ярусе; большинство сообществ является разнотравными с примесью рудеральных видов (*Trifolium repens*, *Impatiens glandulifera*). Однако встречаются чисто сазовые, когда рудеральные виды не могут «пробиться» через сплошные заросли бамбучника. Характерно наличие уплотненной почвенной подстилки мощностью 2-10 см. Тропиночная сеть выражена слабо, как правило, по краю участка проходят грунтовые дороги.

3.2 Устойчивость ПТК к техногенезу

Экспертный анализ с использованием программы «Признак» позволил оценить значимость выделенных экспертами природных факторов и показателей ассимиляционной емкости (рис. 2) в формировании устойчивости ПТК к ландшафтно-деструктивному воздействию и химическому загрязнению (табл. 1).

Природно-территориальные комплексы островов Южных Курил характеризуются разной степенью устойчивости к ландшафтно-деструктивным (механическим) воздействиям, в том числе, к рекреационной нагрузке (рис. 3). Наибольшее значение в формировании устойчивости к ландшафтно-деструктивным воздействиям имеют: экобиоморфный состав, наличие ООПТ, а также проективное покрытие травостоя. Одним из основных факторов, определяющим устойчивость, является участие в составе фитоценозов видов рода *Sasa*. Большую роль играют также степень развитости почв и генетический тип горных пород. К менее значимым из анализируемых признаков относятся: наличие и выраженность экзогенных геологических процессов, цунами опасность, заболоченность и др.

На о-вах Кунашир и Шикотан к устойчивым относятся природные комплексы в долинах постоянных и временных водотоков. Большинство этих ПТК развиваются на гравийно-галечно-валунных отложениях, почвы представлены лугово-дерновыми типичными, глеевыми и подбурами. Растительные сообщества всегда представляют собой сазово-луговое разнотравье с отдельно стоящими экземплярами ольхи, каменной

березы, ели, пихты. Высокая рекреационная устойчивость ПТК в данном случае обеспечивается средозащитными свойствами сазы, препятствующей эрозии и вытаптыванию. На о. Итуруп к этой категории отнесены равнины, абразионно-аккумулятивные и аллювиально-морские террасы, сложенные песками, галечниками и валунниками. Растительные сообщества этих ПТК представлены заболоченными осоково-тростниковыми лугами и болотами на торфяно-глееземах, местами торфяных олиготрофных почвах. Высокая рекреационная устойчивость обеспечивается за счет рельефа местности и высокой способности заболоченных комплексов к самовосстановлению после механических нарушений.

К категории относительно устойчивых относятся ПТК, ландшафтные характеристики которых аналогичны предыдущей категории, но с более разнообразным почвенным и растительным покровом. Здесь представлены лесные группировки с обязательным присутствием сазы (березово-еловые сазовые сообщества с гортензией; ольховые заросли с примесью бамбука, елово-березовые сазовые сообщества с гортензией и калопанаксом; пихтарник сазовый с примесью разнотравья). На Итурупе к категории относительно устойчивых также относятся равнины и абразионно-аккумулятивные и аллювиально-морские террасы, сложенные песками, галечниками и валунниками. Однако в отличие от устойчивых ПТК, эта группа представлена сообществами с ольховыми зарослями с примесью бамбука на буроземах темных глееватых, местами лугово-дерновых почвах. Высокая рекреационная устойчивость обеспечивается средозащитными свойствами сазы, которая также образует непроходимые заросли (высотой до 1,5 м), тем самым снижая рекреационную привлекательность и ограничивая количество посетителей.

На ПТК, входящие к группе среднеустойчивых, приходится большая часть территории о-вов Шикотан и Итуруп; а также северная часть Кунашира. К этой группе относятся большинство площадок на выложенных участках равнин, абразионно-аккумулятивных и аллювиально-морских террас с кедрово-стланниково-сазовыми, бамбуково-луговым разнотравьем с примесью ольхи, каменной березы, ели, пихты и с лиственничными лесами с примесью бамбука (о. Итуруп), Сюда же относятся участки на пологих склонах с дубово-ольховыми лесами с примесью клена и ильма (о. Кунашир), средне- и пологосклонные низкогорья с каменноберезовыми лесами с примесью пихты, ели и курильского бамбука, а также с елово-пихтовыми лесами с примесью каменной березы (о. Шикотан).

Данные участки пользуются популярностью у туристов, нарушенность их, как правило, соответствует III стадии. Сохранению природных характеристик способствует наличие стабильных форм рельефа и широкое распространение сазы. Однако при увеличении потока рекреантов будет происходить переуплотнение почв, постепенное вытеснение сазы из окраинных участков сообществ, внедрение рудеральных видов и снижение устойчивости ПТК.

Группа слабоустойчивых к рекреационному воздействию ПТК широко представлена только на о. Кунашир. В эту категорию были включены участки либо крутосклонные низкогорья древних вулканов, либо участки с пологими склонами, но с отсутствием бамбучника (средне- и пологосклонные низкогорья с елово-пихтовыми лесами с каменной березой, ольхой и тисом; низкогорья с пологими и средней крутизны склонами с дубово-ольховыми лесами с примесью клена и ильма; выположенные участки равнин и абразионно-аккумулятивных и аллювиально-морских террас с разнотравно-злаковыми сообществами). Здесь рельеф и растительность способствуют быстрому разрушению почвенной подстилки, провоцируя развитие эрозионных процессов. Часть из указанных площадок уже сегодня по уровню нарушенности ПТК относится к IV категории. Даже незначительное увеличение рекреационного воздействия может спровоцировать дальнейшую деградацию естественных ПТК. Именно для этих участков необходимо вводить жесткие нормы на число и способы передвижения рекреантов, а также проводить обустройство туристических маршрутов (укладка настилов для пешеходов, установка ограждений для запрета схода с тропы, подготовка смотровых и кемпинговых площадок для предотвращения площадного вытаптывания территории).

Неустойчивые к рекреационной нагрузке ПТК на островах представлены фрагментарно и включают участки крутых склонов древних вулканов с можжевельниковыми зарослями с примесью каменной березы, а также береговые участки островов, практически лишенные растительности. Даже незначительное механическое воздействие, не говоря об интенсивной рекреации, является критическим, влечет за собой быстрое разрушение почвенного слоя и уничтожение коренной растительности.

Анализ устойчивости ПТК островов к химическому загрязнению показал иную картину распределения участков (рис. 4). В категорию устойчивых к загрязнению попали ПТК, расположенные на средне- и пологосклонных низкогорьях с ольховыми зарослями, каменноберезовыми лесами и бамбуково-луговым разнотравьем на буроземах темных

глееватых, охристо-подзолистых, буроземно-иллювиально-гумусовых, лугово-дерновых типичных и глеевых почвах. Кислая реакция почвенных растворов и промывной режим почв в основном определяют уровень устойчивости ПТК, способствуя выносу поллютантов (Опекунова и др., 2022).

К категории относительно устойчивых относятся ПТК, расположенные на крутых склонах с бамбуково-луговыми разнотравными сообществами и с можжевельниковыми зарослями с примесью каменной березы. Ключевую роль в уровне устойчивости к химическому загрязнению играет рельеф, способствуя транзиту загрязняющих веществ в аккумулятивные фации. К этой же категории устойчивости относятся равнины и абразионно-аккумулятивные и аллювиально-морские террасы, сложенные песками, галечниками и валунниками с ольховыми зарослями с примесью бамбука. Здесь основной вклад в устойчивость дают почвообразующие породы, обеспечивающие промывной режим ПТК.

Группа среднеустойчивых к загрязнению ПТК включает участки, различающиеся как по рельефу, так и по почвенно-растительным характеристикам. Сюда входят природные комплексы: (1) на средне- и пологосклонных низкогорьях с елово-пихтовыми лесами с примесью каменной березы на подбурях перегнойных и буроземах; (2) в долинах постоянных и временных водотоков с гравийными, галечными, валунными отложениями, с выходом местами базальтов и андезитов, с каменноберезовыми лесами с примесью пихты, ели и курильского бамбука на охристо-подзолистых, буроземно-иллювиально-гумусовых почвах; (3) на равнинах и абразионно-аккумулятивных и аллювиально-морских террасах, сложенных песками, галечниками и валунниками, с лиственничными лесами с примесью бамбука на дерново-подзолисто-охристых почвах. В первых двух комплексах фактором, определяющим уровень устойчивости ПТК, служат почвы, выполняющие роль геохимического барьера. В третьем аккумуляция загрязняющих веществ в ПТК связана с биогеохимическим барьером (растительностью).

К категории слабоустойчивых к загрязнению ПТК отнесены участки, расположенные на побережье Охотского моря и Тихого океана на равнинах и абразионно-аккумулятивных и аллювиально-морских террасах с бамбуково-луговым травостоем на лугово-дерновых типичных и глеевых почвах и подбурях, а также в долинах постоянных и временных водотоков с ольховыми зарослями с примесью бамбука на буроземах темных глееватых, местами лугово-дерновых. Ключевая роль в устойчивости этих ПТК принадлежит растительности, в качестве биогеохимического барьера снижающей влияние загрязняющих веществ.

Неустойчивые к химическому загрязнению ПТК представлены участками в долинах постоянных и временных водотоков с бамбуково-луговым разнотравьем с примесью ольхи, каменной березы, ели, пихты и с елово-пихтовыми лесами с примесью каменной березы на подбурях перегнойных и буроземах. Это участки активно аккумулируют поллютанты как в биомассе растительности, так и в почвенных горизонтах.

4. Выводы

В результате проведенных исследований реализован комплексный подход, включающий как оценку нарушенности ПТК, так и их устойчивости к различным видам антропогенных воздействий, направленный на нормирование рекреационной нагрузки и проведение природоохранных мероприятий.

Как показали исследования, нарушенность ПТК на всех островах связана, главным образом, с ландшафтно-деструктивным воздействием. Уровень рекреационной дигрессии для большей площади островов не является критичным и не превышает третьей стадии. Однако в отдельных локациях на о-вах Кунашир и Итуруп из-за резко возросшего количества туристов уже зафиксированы ПТК с четвертой стадией дигрессии. По уровню ландшафтно-деструктивной (в том числе рекреационной) устойчивости ПТК островов сильно различаются в зависимости от рельефа, типов почв и доминирующих растительных сообществ. Большая часть природных комплексов о-вов Шикотан и Итуруп относится к группе среднеустойчивых к ландшафтно-деструктивным воздействиям. На Кунашире для северной части острова характерно преобладание среднеустойчивых к рекреационному воздействию комплексов, а в южной части широко представлены слабоустойчивые ПТК.

На основании выполненной классификации ПТК по уровню устойчивости к химическому загрязнению установлено, что для о-ва Шикотан химическое загрязнение не представляет существенной опасности, большая часть его ПТК относится к категориям «устойчивые» и «относительно устойчивые». Для о. Итуруп подобное воздействие будет более опасным, так как его природные комплексы в основном относятся к категории «относительно устойчивые». Наиболее опасным химическое загрязнение может стать для ПТК о. Кунашир, так как их устойчивость варьирует от средней до слабой.

Поскольку при расхождении уровней устойчивости природных комплексов к разным видам воздействия за уровень общей устойчивости геосистемы следует

принимать наименьшее значение из всех определенных, то предлагается для о-вов Шикотан и Итуруп общий уровень устойчивости ПТК рассматривать равным уровню их ландшафтно-деструктивной (рекреационной) устойчивости. Для о-ва Кунашир в северной части лимитирующим является химическое загрязнение, а в центральной и южной частях – ландшафтно-деструктивные и рекреационные нарушения.

Исследования показали, что локации наиболее интересные с точки зрения развития рекреационного туризма, приурочены к наименее устойчивым ПТК с высоким уровнем дигрессии. Проблема прогрессирующей деградации наиболее актуальна для о-ва Итуруп, большинство достопримечательностей которого легко доступны для массового неконтролируемого потока туристов. На особо охраняемых природных территориях большей части островов Кунашир (заповедник Курильский) и Шикотан (заказник Малые Курилы) регулирование туристических потоков снижает риск нарушений и деградации природной среды. Однако для оптимизации туристической деятельности на южных Курильских островах необходима разработка нормативов рекреационной нагрузки с учётом установленных уровней дигрессии и устойчивости ПТК.

Литература

Атлас Курильских островов. (2009). Бакланов, П.Я., Бочарников, В.Н., Ганзей, К.С. и др. Москва; Владивосток: ИПК «ДИК».

Баркалов, В.Ю. (2009). *Флора Курильских островов.* Владивосток: Дальнаука.

Большаков, В.Н., Кузнецова, И.А., Гилев, А.В., Пустовалова, Л.А., Подгаевская, Е.Н., Степанов, Л.П. (2019). Роль особо охраняемых природных территорий в решении природоохранных задач при развитии экологического туризма. *Биосфера*, 11(2), 87-102. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i2.48687>.

Васильевская, В.Д. (1996). Оценка устойчивости тундровых мерзлотных почв к антропогенным воздействиям. *Вестник Московского Университета, Сер. 17, Почвоведение*, 1, 27-35.

Дмитриев, В.В., Огурцов, А.Н., Седова, С.А., Алексеева, А.А., Байжанова, К.К., Грига, С.А., Кислина, А.Е. (2020) Интегральная оценка устойчивости наземных ландшафтов: от балльных оценок к композитным индексам на основе территориальных детерминант. *Успехи современного естествознания*, 2, 45-53.

Знаменская, Т.И., Вантеева, Ю.В., Солодянкина, С.В. (2018). Дигрессия растительности и почв прибрежных ландшафтов озера Байкал на примере

привлекательных туристических районов. *Современные проблемы сервиса и туризма*, 12(3), 75–86. <https://doi.org/10.24411/1995-0411-2018-10307>.

Исаченко, Т.Е., Исаченко, Г.А., Озерова, С.Д. (2020). Оценка рекреационной нарушенности и регулирование нагрузок на особо охраняемых природных территориях Санкт-Петербурга. *Вестник Санкт-Петербургского Университета. Науки о Земле*, 65(1), 16-32. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.102>.

Казанская, Н.С. (1972). Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности. *Известия АН СССР. Серия географическая*, 1, 52-59.

Казанская, Н.С., Ланина, В.В., Марфенин, М.М. (1977). *Рекреационные леса*. Москва: Лесная промышленность.

Кузнецов, В.А., Рыжова, И.М., Стома, Г.В. (2019). Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия. *Почвоведение*. № 5. 633-642. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1905006X>.

Недра России: В двух томах. (2002). / Смыслов, А.А., Межеловский, Н.В., Алексеев, С.В. [и др.] Санкт-Петербургский государственный горный институт (Технический университет), Межрегиональный центр по геологической картографии. Том 2. Санкт-Петербург-Москва: Горный институт Межрегиональный центр по геологической картографии, ISBN 5-94211-087-5.

Непомнящий, В.В., Завадская, А.В., Чижова, В.П. (2021). *Методические рекомендации по организации системы комплексного рекреационного мониторинга на особо охраняемых природных территориях*. Новосибирск: Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука". ISBN 978-5-02-041488-4.

Николаева, Н.А. (2008). Оценка устойчивости ландшафтов Якутии к техногенным воздействиям. *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*, 3, 60-66.

Опекунова, М.Г., Щербаков, В.М., Сенькин, О.В., Грибалев, С.В., Краснов, Д.А. (2001). Опыт проведения экспертного анализа экологического состояния геосистем. *Вестник Санкт-Петербургского Университета. Сер. 7: Геология, география*, 1(7), 71-87.

Опекунова, М. Г., Опекунов, А. Ю., Сомов, В.В., Кукушкин, С.Ю., Арестова, И.Ю., Лисенков, С.А., Никулина, А.Р. (2022). Природные и антропогенные факторы формирования химического состава почв о. Шикотан (Курильские Острова). *Почвоведение*, 12, 1592–1609. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22100343>. [Opekunova,

M. G., Opekunov, A. Yu., Somov, V.V., Kukushkin, S.Yu., Arestova, I.Yu., Lisenkov, S.A., Nikulina, A.R. (2002). Natural and Anthropogenic Factors of Soils Chemical Composition on Shikotan Island (Kuril Islands). *Eurasian Soil Science*. 55(12), 1891–1908. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22100343>].

Осипов, А.Г., Гарманов, В.В. (2016). Методика интегральной оценки состояния и устойчивости почв при мониторинге земель природно-аграрных систем. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, 43, 293-299.

Пустовалова, Л.А., Веселкин, Д.В. (2020). Быстрые изменения растительных сообществ природных парков вследствие рекреационного использования. *Экология*. № 5. 323-331. DOI 10.31857/S0367059720050108.

Рысин, Л.П. (2003). *Мониторинг рекреационных лесов*. Ленинград–Москва: ОНТИ ПНЦ РАН.

Софронов, А.П., Владимиров, И.Н., Воронин, В.И., Софронова, Е.В. (2022). Устойчивость растительности геосистем котловин Северо-Восточного Прибайкалья к пирогенному фактору. *География и природные ресурсы*, 43(1), 61-71. DOI 10.15372/GIPR20220107.

Таран, И.В., Спиридонов, В.И. (1977). *Устойчивость рекреационных лесов*. Новосибирск: Наука.

Щербаков, В.М., Капралов, Е.Г., Камышев, А.П. (1994). Картографирование в целях экологического обоснования генпланов малых городов и проектов строительства промышленных объектов. *Вестник Санкт-Петербургского Университета. Сер. 7: Геология, география*. вып. 1 (№ 7). 70-77.

Чижова, В.П. (2011). *Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление*. Смоленск: Ойкумена.

Федеральная целевая программа «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2016 – 2025 годы» Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/420292724> [Дата доступа 28.01.2023].

Bityukov, N.A., Shagarov, L.M. (2016). The Estimation of Recreational Digression of Forests on the Sochi Black Sea Coast. *Central European Journal of Botany*. Vol. (3), Is. 2. 48-55. <https://doi.org/10.13187/cejb.2016.3.48>

Krajewski, P. (2019). Monitoring of Landscape Transformations within Landscape Parks in Poland in the 21st Century. *Sustainability*. N 11(8), 2410. <https://doi.org/10.3390/su11082410>.

Leung, Yu-F., Marion, L.J. (2000). Recreation Impacts and Management in Wilderness: A State-of-Knowledge Review. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-15*. Vol.5. 23-48.

Manning, R.E. (2014). Research to guide management of outdoor recreation and tourism in parks and protected areas. *Koedoe*. Vol 56, No 2, Art. #1159, 7 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/koedoe.v56i2.1159>

Meyer, S., Rusterholz, H.-P., Salamon, J.-A., Baur, B. (2020). Leaf litter decomposition and litter fauna in urban forests: Effect of the degree of urbanisation and forest size. *Pedobiologia*. №. 78. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2019.150609>.

Roca, Z., Claval, P., Agnew, J. (2011). *Landscapes, Identities and Development*. Ashgate, Farnham, UK. <https://doi.org/10.4324/9781315250908>.

Rüdisser, J., Tasser, E., Tappeiner, U. (2012). Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*. Vol. 15. 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.027>

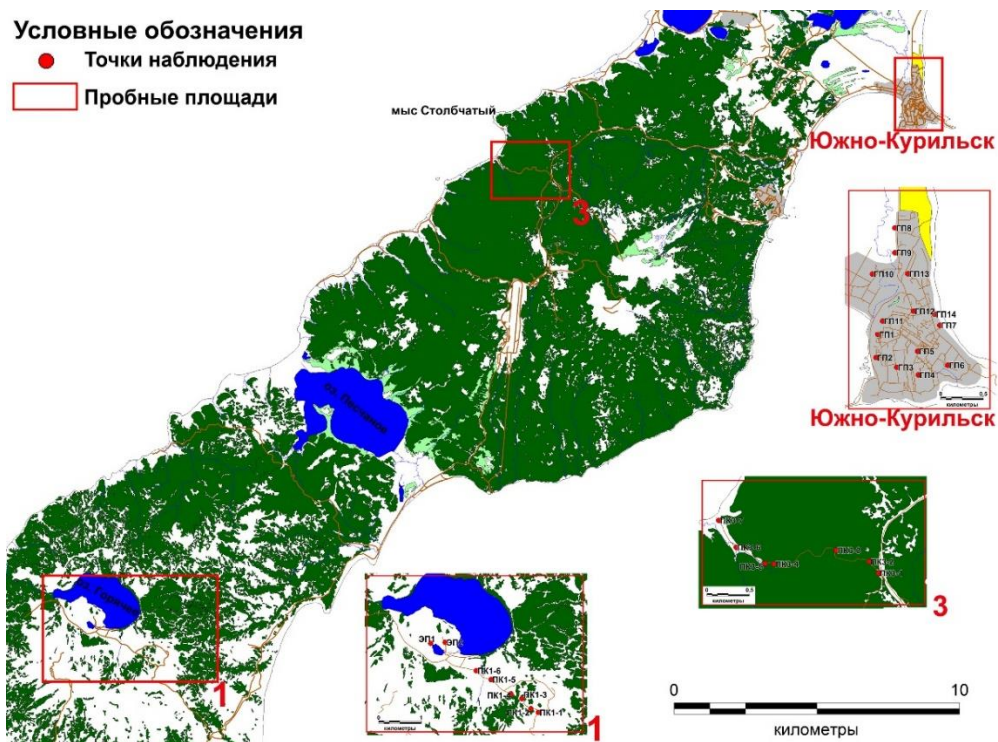
Stankey, G.H., Cole, D.N., Lucas, R.C., Petersen, M.E., Friss, S.S. (1985). *The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning*. Gen. Tech. Rep. INT — 176, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Ogden, UT.

Wall, G., Wright, C. (1977). The environmental impact of outdoor recreation. *Department of Geography Publication Series*. No. 11. 69. Ontario, Canada: University of Waterloo Press.

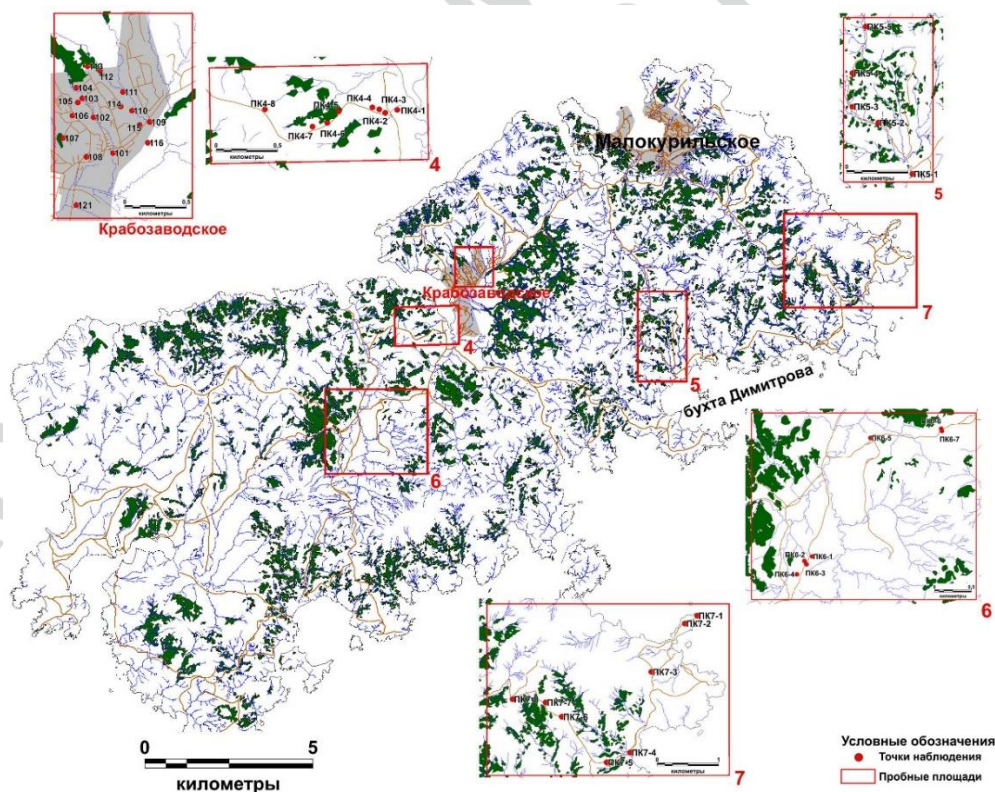
Wolf, I.D., Croft, D.B., Green, R.J. (2019). Nature conservation and nature-based tourism: a paradox. *Environments*. V. 6, № 9. 104.

Zhong, L., Zhang, X., Deng, J. (2020). Recreation Ecology Research in China's Protected Areas: Progress and Prospect. *Ecosystem health and sustainability*. Vol. 6, N 1. 1-12. <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1813635>

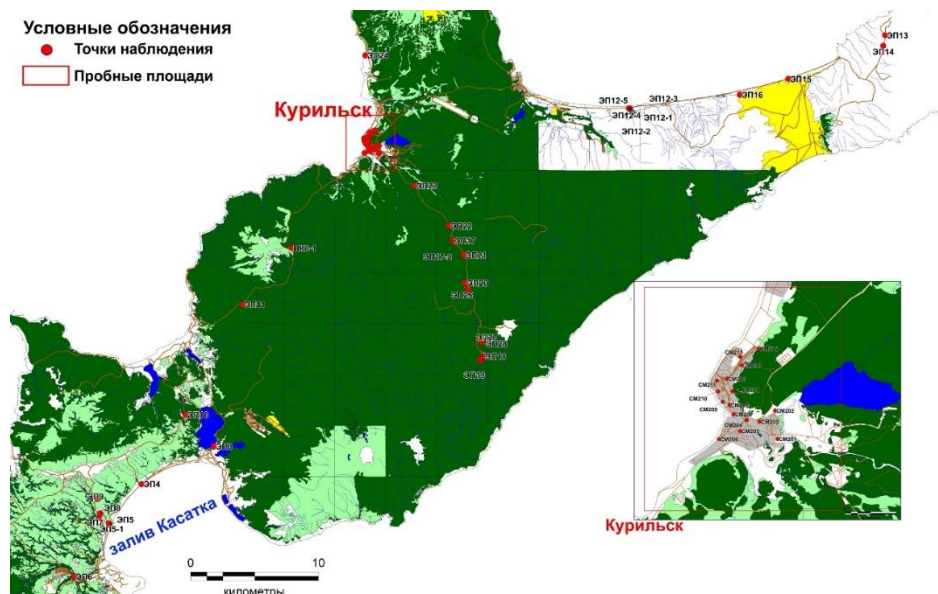
Рисунки



а)



б)



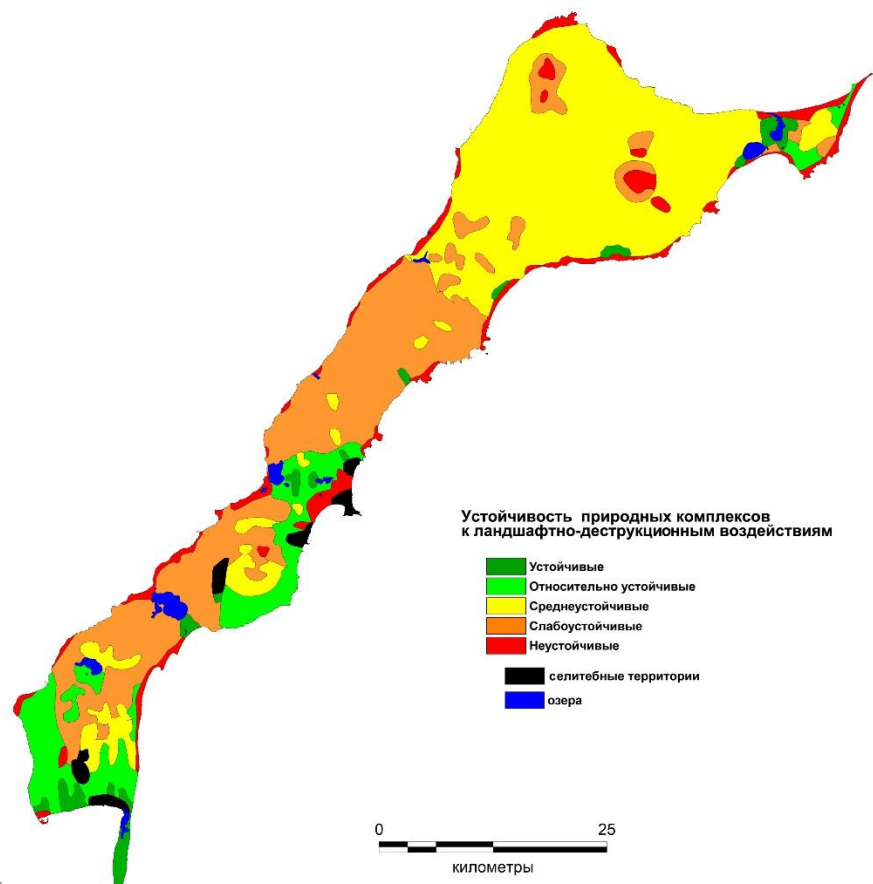
в)

Рис. 1. Картосхемы расположения пробных площадей на островах Южных Курил:

а) о. Кунашир; б) о. Шикотан; в) о. Итуруп

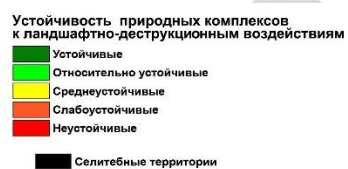


Рис. 2. Иерархические системы признаков для оценки устойчивости ландшафтов

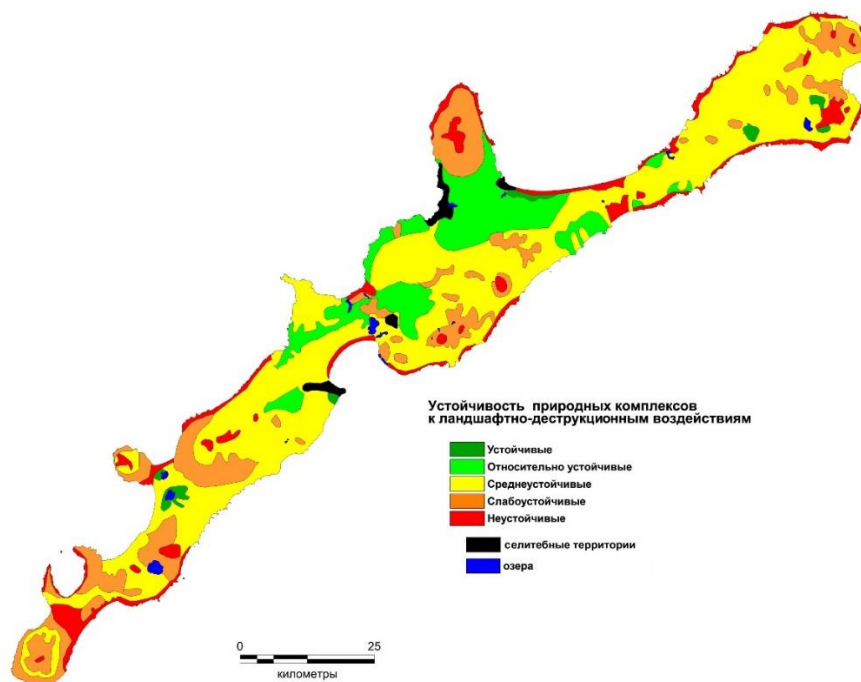


островов Южных Курил

а)

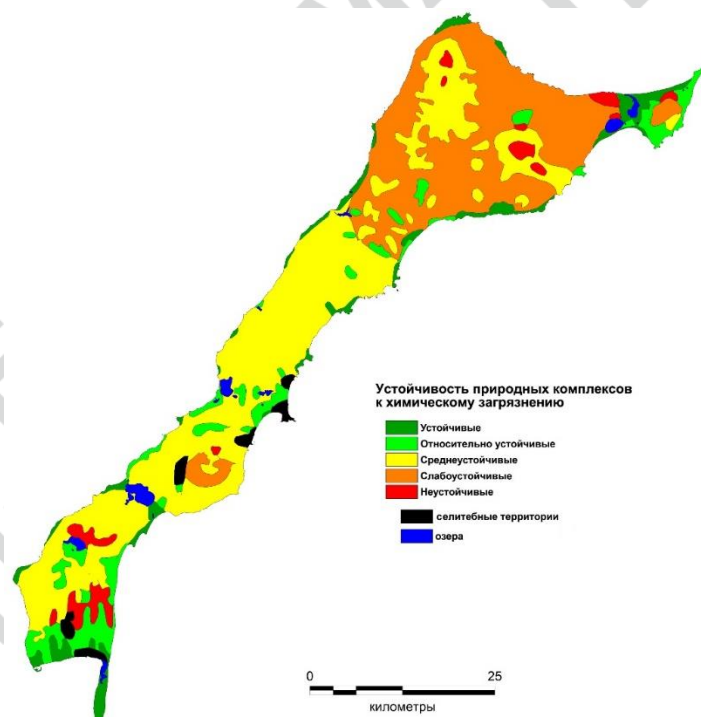


б)

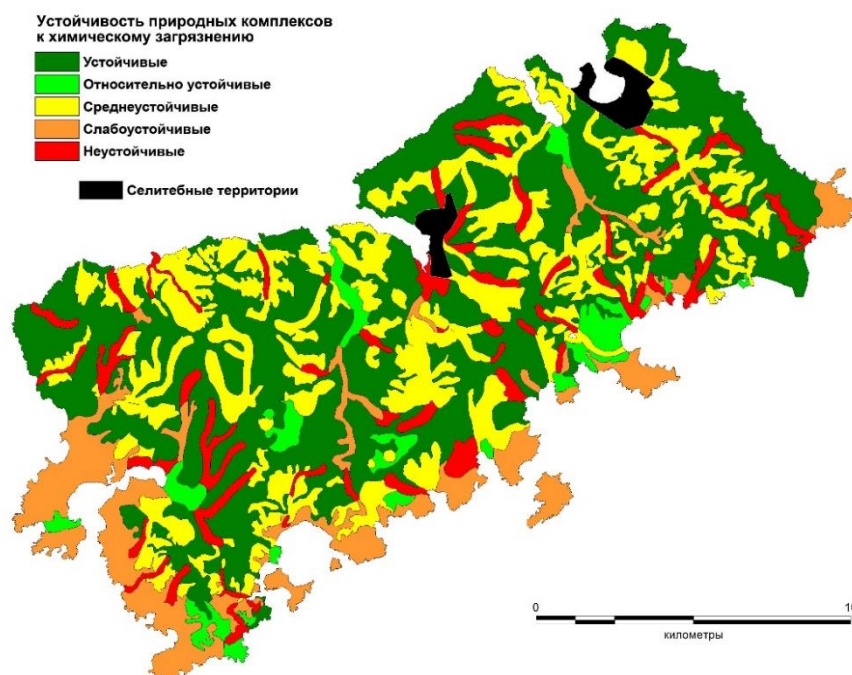


в)

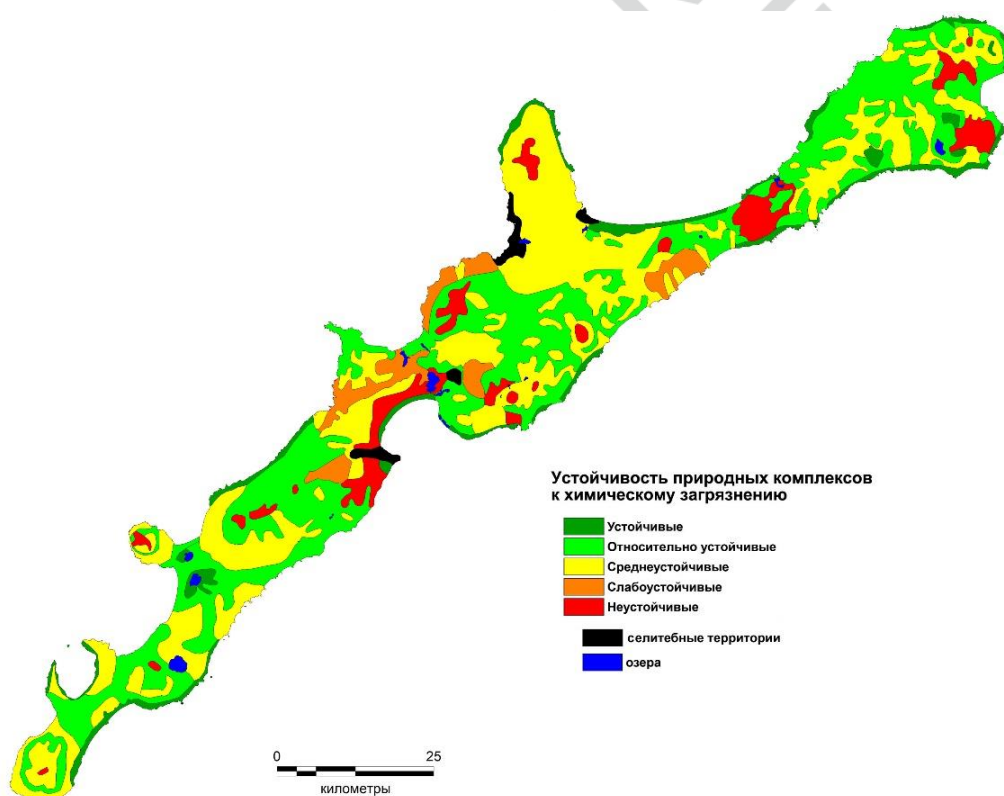
Рис. 3. Устойчивость ПТК к ландшафтно-деструктивным и параметрическим воздействиям: а) о. Кунашир, б) о. Шикотан, в) о. Итуруп



а)



б)



в)

Рис. 4. Устойчивость ПТК к химическому загрязнению:

а) о. Кунашир, б) о. Шикотан, в) о. Итуруп

Таблицы

Таблица 1. Значимость природных факторов в формировании устойчивости ПТК

Ландшафтно-деструктивное воздействие		Химическое загрязнение	
Экобиоморфный состав	0.361	Геолого-геохимические условия	0.170
ООПТ	0.257	Экобиоморфный состав	0.130
Проективное покрытие	0.182	Буферность почв	0.118
Преобладающий генетический тип горных пород	0.056	Контрастность рельефа	0.113
Степень развитости почв	0.056	Динамика воздушных масс	0.082
Наличие и выраженность экзогенных геологических процессов	0.036	Сумма эффективных температур	0.078
Активность эрозионных процессов	0.024	Биопродуктивность	0.065
Цунамиопасность	0.016	Степень развитости почв	0.058
Заболоченность	0.011	Степень заболоченности	0.043
		Годовой слой речного стока	0.043
		Площадь водной поверхности	0.040
		Видовое разнообразие	0.033
		Мощность	0.028

Assessment of damage and environmental sustainability of landscapes of the South Kuril Islands*

Opekunova Marina G., Arestova Irina Yu., Opekunov Anatolii Yu., Somov Vsevolod V., Kukushkin Stepan Yu., Lisenkov Sergey A., Nikulina Anna R.

St. Petersburg State University, Russia,
St. Petersburg, Universitetskaya Emb., 7/9, 199034

Opekunova M.G.: m.opkunova@spbu.ru;

Arestova I.Yu.: i.arestova@spbu.ru;

Opekunov A.Yu.: a.opkunov@spbu.ru;

Somov V.V.: v.somov@spbu.ru;

Kukushkin S.Yu.: s.kukushkin@spbu.ru;

Lisenkov S.A.: serlisenkov@mail.ru;

Nikulina A.R.: st075731@student.spbu.ru

Annotation

The inclusion of the South Kuril Islands in the Advanced Development Territories (TAD) program leads to an increase in the anthropogenic impact on the natural complexes of the islands. The specialization of the TAD Kuriles involves the development of the region's economy in the areas of tourism, sports, agriculture and the fishing industry. In this regard, the scientific substantiation of the permissible levels of various types of nature management on the islands included in the program becomes relevant. This paper presents the results of studies on the sites of three islands of the South Kuriles - Kunashir, Shikotan, Iturup. The stages of recreational digression of soils and vegetation were assessed on the basis of the thickness of the soil litter and the degree of its decomposition, the number of vascular plant species, the presence of indicator species, the ratio of native and synanthropic species, damage of the vegetation cover, damage to the forest stand, the state of undergrowth, plant vitality, general projective cover of the grass-shrub layer, the degree of development of the territory. To assess the overall stability of the considered islands, in addition to the recreational one, the sustainability of

* The study was supported by a grant from the All-Russian public organization "Russian Geographical Society" № 14-2021-P.

natural complex to chemical pollution was also analyzed. As the level of the general sustainability of the natural complex, the smallest value of the two defined species was taken. An integrated approach has been implemented, including an assessment of the disturbance of natural complexes (NC) and their sustainability to various types of anthropogenic impacts, aimed at regulating recreational load and carrying out environmental protection measures. It has been established that the problem of progressive degradation is most relevant for Iturup Island, most of the attractions of which are easily accessible to mass uncontrolled tourism. In the specially protected natural areas of the most parts of the islands of Kunashir (Kurilsky Nature Reserve) and Shikotan (Little Kuriles Nature Reserve), regulating tourist flows reduces the risk of disturbances and degradation of the natural environment. The established levels of digression and sustainability of the NC can be used in the development of recreational load standards, taking into account the optimization of tourism activities in the Southern Kuril Islands.

Key words: recreational load, pollution, ecological tourism, soils, vegetation

References

- Atlas of the Kuril Islands*. (2009). Baklanov, P.Ja., Bocharnikov, V.N., Ganzej, K.S. et al. Moscow, Vladivostok: IPK «DIK» Publ. (In Russian)
- Barkalov, V.Yu. (2009). *Flora of the Kuril Islands*. Vladivostok: Dalnauka Publ. (In Russian)
- Bitjukov, N.A., Shagarov, L.M. (2016). The Estimation of Recreational Digression of Forests on the Sochi Black Sea Coast. *Central European Journal of Botany*, 3(2), 48-55. <https://doi.org/10.13187/cejb.2016.3.48>
- Bolshakov, V.N., Kuznetsova, I.A., Gilev, A.V., Pustovalova, L.A., Podgayevskaja, Ye.N., Stepanov, L.N. (2019). The Role of Special Protected Areas in Solving of Nature Conservation Problems Associated with development of ecological tourism. *Biosfera*, 11(2), 87-102. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i2.48687>. (In Russian)
- Chizhova, V.P. (2011). *Recreational landscapes: resilience, regulation, management*. Smolensk: Oikumena Publ. (In Russian)
- Dmitriev, V.V., Ogurtsov, A.N., Sedova, S.A., Alekseeva, A.A., Bayzhanova, K.K., Griga, S.A., Kislina, A.E. (2020) Integral Assessment of the Stability of Ground Landscapes: from Scope Assessments to Composite Indices Based on Territorial Determinants. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniia*. № 2. 45-53. (In Russian)

Federal program «Socio-economic development of the Kuril Islands (Sahalinskaja oblast) for 2016-2025». The Russian Government. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420292724> [Accessed 28.01.2023] (In Russian)

Isachenko, T.E., Isachenko, G.A., Ozerova, S.D. (2020). Evaluation of Recreational Disturbance and the Regulation of Loads on Natural Protected Areas in Saint Petersburg. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 65(1), 16-32. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.102>. (In Russian)

Kazanskaja, N.S. (1972). Study of Recreational Digression of Natural Vegetation Groups. *Izvestija AN SSSR. Seriya geograficheskaja*. №1. 52-59. (In Russian)

Kazanskaja, N.S., Lanina, V.V., Marfenin, M.M. (1977). *Recreational Forests*. Moscow: Lesnaja promyshlennost Publ. (In Russian)

Krajewski, P. (2019). Monitoring of Landscape Transformations within Landscape Parks in Poland in the 21st Century. *Sustainability*, 11(8), 2410. <https://doi.org/10.3390/su11082410>.

Kuznetsov, V.A., Ryzhova, I.M., Stoma, G.V. (2019). Transformation of Forest Ecosystems in Moscow Megapolis under Recreational Impacts. *Eurasian Soil Science*, 52(5), 584-592. <https://doi.org/10.1134/S1064229319050065>.

Leung, Yu-F., Marion, L.J. (2000). Recreation Impacts and Management in Wilderness: A State-of-Knowledge Review. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-15*, 5, 23-48.

Manning, R.E. (2014). Research to guide management of outdoor recreation and tourism in parks and protected areas. *Koedoe*, 56(2). <http://dx.doi.org/10.4102/koedoe.v56i2.1159>

Meyer, S., Rusterholz, H.-P., Salamon, J.-A., Baur, B. (2020). Leaf litter decomposition and litter fauna in urban forests: Effect of the degree of urbanisation and forest size. *Pedobiologia*, 78, 150609. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2019.150609>.

Mineral wealth of Russia. (2002), St. Petersburg State Mining Institute (Technical University), Interregional Center for Geological Cartography. Volume 2. St. Petersburg-Moscow: Mining Institute Interregional Center for Geological Cartography, (In Russian) ISBN 5-94211-087-5.

Nepomnjashnij, V.V., Zavadskaja, A.V., Chizhova, V.P. (2021). *Guidelines for Complex Recreational Monitoring Development on Protected Natural Areas*. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian) ISBN 978-5-02-041488-4.

Nikolaeva, N.A. (2008). The Assessment of Landscape Resistibility to Industrial Impacts in Yakutia. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN*, 3, 60-66. (In Russian)

Opekunova, M.G., Shherbakov, V.M., Senkin, O.V., Gribalev, S.V., Krasnov, D.A. (2001). Experience of Expert Analysis of Geosystems' Ecological Conditions. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*. 1(7), 71-87 (In Russian)

Opekunova, M.G., Opekunov, A.Yu., Somov, V.V., Kukushkin, S.Yu., Arestova, I.Yu., Lisenkov, S.A., Nikulina, A.R. (2022). Natural and Anthropogenic Factors of Soils Chemical Composition on Shikotan Island (Kuril Islands). *Eurasian Soil Science*, 55(12), 1891–1908. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22100343>.

Osipov, A.G., Garmanov, V.V. (2016). Method of soils conditions and resilience integral assessment during monitoring of natural-agricultural systems. *Izvestiia of Saint-Petersburg State Agrarian University*, 43, 293-299. (In Russian)

Pustovalova, L.A., Veselkin, D.V. (2020). Rapid changes in plant communities of natural parks due to recreational use. *Russian Journal of Ecology*, 51(5), 399-407. <https://doi.org/10.1134/S1067413620050100>.

Roca, Z., Claval, P., Agnew, J. (2011). *Landscapes, Identities and Development*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315250908>.

Rüdissler, J., Tasser, E., Tappeiner, U. (2012). Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 15, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.027>

Rysin, L.P. (2003). *Monitoring of Recreational Forests*. Leningrad–Moscow: ONTI PNC RAN Publ. (In Russian)

Shherbakov, V.M., Kapralov, E.G., Kamyshev, A.P. (1994). Mapping for Ecological Justification of Small Towns Master Plans and Industrial Facilities. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography*. 1(7), 70-77. (In Russian)

Sofronov, A.P., Vladimirov, I.N., Sofronova, E.V., Voronin, V.I. (2022). The vegetation resistance of geosystems in the depressions of Northeastern Cisbaikalia to the pyrogenic factor. *Geography and Natural Resources*. 43(1), 50-58. <https://doi.org/10.1134/S1875372822010127>.

Stankey, G.H., Cole, D.N., Lucas, R.C., Petersen, M.E., Friss, S.S. (1985). *The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning*. Gen. Tech. Rep. INT — 176, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Ogden, UT.

Taran, I.V., Spiridonov, V.I. (1977). *Resilience of Recreational Forests*. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian)

Vasilevskaja, V.D. (1996). Assessment of Tundra Frozen Soils Resilience to Anthropogenic Impact. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Ser. 17, Pochvovedenie*, 1, 27-35. (In Russian)

Wall, G., Wright, C. (1977). The environmental impact of outdoor recreation. *Department of Geography Publication Series*, 11, Ontario, Canada: University of Waterloo Press.

Wolf, I.D., Croft, D.B., Green, R.J. (2019). Nature conservation and nature-based tourism: a paradox. *Environments*, 6(9), 104.

Znamenskaja, T.I., Vanteeva, Ju.V., Solodjankina, S.V. (2018). Digression of Vegetation and Souls of Coastal Landscapes of Lake Baikal through the Examples of Attractive Tourism Areas. *Sovremennye problemy servisa i turizma*. 12(3), 75-86. <https://doi.org/10.24411/1995-0411-2018-10307>. (In Russian)

Zhong, L., Zhang, X., Deng, J. (2020). Recreation Ecology Research in China's Protected Areas: Progress and Prospect. *Ecosystem health and sustainability*, 6(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1813635>