

Оценка кумулятивного воздействия и ранжирование эколого-социальных угроз для Байкальской природной территории

О.Н. Липка^{1)}, А.П. Жданова²⁾, С.Л. Куклина³⁾, А.В. Мальнев²⁾,
С.А. Шейнфельд⁴⁾*

¹⁾Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, 20Б

²⁾МКООО «Эн+ Холдинг»,
Россия, 236006, Калининградская обл., г. Калининград, ул. Октябрьская, д. 8, офис 31

³⁾Иркутский государственный университет,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

⁴⁾ООО «Кэпт Налоги и Консультирование»,
Россия, 123112, г. Москва, Пресненская наб., 10

*Адрес для переписки: *olipka@mail.ru*

Реферат. Выполнен анализ кумулятивного воздействия негативных природных и антропогенных факторов на Байкальскую природную территорию. На основе методики открытых стандартов было выделено 15 целевых объектов, состояние которых отражает эколого-социальную ситуацию в регионе в целом. Из угроз, оказывающих наиболее существенное воздействие на целевые объекты, 19 получили рейтинг «очень сильно», 6 – «сильно», и одна – «слабо». По количеству выделенных взаимосвязей между угрозами и объектами преобладают климатообусловленные, что связано не только с их количеством, но и с возможностью охвата объектов различного типа. К наиболее разрушительным угрозам относятся: чрезмерный неконтролируемый туризм, пожары и землетрясения. Наиболее уязвимым объектом оказались прибрежные экосистемы. Кумулятивное воздействие угроз на целевые объекты в результате ранжирования отнесено к степени «очень сильно», что указывает не только на высокую концентрацию экологических и социальных проблем, но также на силу их воздействия и медленное принятие решений для снижения уровня негативных последствий. Пространственно определены участки концентрации кумулятивного негативного воздействия. На основе проведенного анализа выработано более 200 предложений для снижения негативного воздействия для целевых объектов. По степени готовности к внедрению они подразделены на 3 категории: можно начинать реализацию/развивать активность; можно приступать к планированию мероприятий/активностей; необходимы предварительные исследования.

Ключевые слова. Байкальская природная территория, БПТ, оценка негативного воздействия, кумулятивный эффект, ранжирование факторов негативного воздействия.

Assessment of the cumulative impact and ranking of environmental and social threats for the Baikal natural territory

O.N. Lipka^{1)}, A.P. Zhdanova²⁾, S.L. Kuklina³⁾, A.V. Malnev²⁾, S.A. Sheinfeld⁴⁾*

¹⁾Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, 20B,
Glebovskaya st., 107258, Moscow, Russian Federation

²⁾EN+ HOLDING ILLC,
31, 8 office, Oktyabrskaya st., 236006, Kaliningrad, Russian Federation

³⁾Irkutsk State University,
1, Karl Marx st., 664003, Irkutsk, Russian Federation

⁴⁾KEPT Taxis and consulting LLC,
10, Presnenskaya emb., 123112, Moscow, Russian Federation

* Correspondence address: *olipka@mail.ru*

Abstract. The analysis of the cumulative effect of negative natural and anthropogenic factors on the Baikal natural territory was carried out. 15 target objects were identified for the Baikal natural territory under the methodology of Open Standards. The state of them reflects the environmental and social situation in the region as a whole. Of the threats with the most significant impact on targets, 19 were rated "very strong", 6 were rated "strong", and one – "weak". In terms of the number of identified relationships between threats and objects, climate-related ones predominate, which is associated not only with their number but also with the tendency by covering objects of various types. The most devastating threats include excessive uncontrolled tourism, wildfires, and earthquakes. Coastal ecosystems turned out to be the most vulnerable object. As a result of the ranking cumulative impact of threats on targets is classified as "very strong", which indicates not only a high concentration of environmental and social problems but also the strength of their impact and slow decision-making to reduce the level of negative consequences. Several areas of concentration of cumulative negative impact are determined. Based on the analysis, more than 200 proposals have been developed to reduce the negative impact on target objects. According to the degree of preparedness for implementation, they are divided into 3 categories: possible start implementation / develop activity; start planning events/activities; preliminary studies are required.

Key words. Baikal natural territory, BNT, impact assessment, cumulative effect, minimization of negative impacts, threat rating.

Введение

Уникальность оз. Байкал, его ценность и неповторимость как экосистемы были официально признаны международным сообществом в 1996 г., когда озеру был присвоен статус объекта Всемирного природного наследия

ЮНЕСКО (UNESCO, 1997). Уже в то время на Байкальской природной территории (БПТ) существовал комплекс экологических, социальных и экономических проблем, сложным образом переплетающихся между собой. В документах ЮНЕСКО была выражена обеспокоенность по ряду вопросов, особенно в связи с загрязнением озера (UNESCO, 1997).

Закрытие Байкальского целлюлозно-бумажного комбината в 2013 г. (Государственный доклад..., 2019) способствовало сокращению поступления загрязняющих веществ в акваторию. Однако совокупность других угроз и накопленного экологического ущерба по-прежнему вызывает тревогу у специалистов. В 2021 г. ЮНЕСКО вновь обращает внимание на нерешаемость и усиление существующих проблем, представляющих угрозу для оз. Байкал и всей Байкальской природной территории. В случае отсутствия прогресса в улучшении экологической ситуации оз. Байкал может быть переведено в категорию «Объекты Всемирного наследия под угрозой» (UNESCO, 2021).

Миссия ООН, которая должна была посетить БПТ в 2022 г., не состоялась. Это отложило возможность проверки фактов международной общественностью непосредственно на месте на неопределенный срок. 21 сентября 2022 г. в Общественной палате Российской Федерации состоялся круглый стол на тему «С заботой о Байкале. Три года поручениям Президента России по сохранению озера Байкал». По некоторым направлениям намечаются позитивные сдвиги, но накопившиеся системные ошибки в управлении территорией являются, по мнению общественности и экспертов, существенным препятствием для кардинального решения накопившихся проблем.

Специфичность, масштабы и комплексность БПТ (рис. 1) требуют глубокого анализа разнообразия существующих и накопленных проблем, а также исследования подтвержденных их воздействию объектов или процессов. Возникают кумулятивные эффекты в результате одновременного воздействия нескольких факторов (даже если действие каждого из них в отдельности мало), которые могут быть взаимосвязанными и усиливать друг друга. Для понимания ситуации и принятия взвешенных решений необходимо оценить: насколько вся совокупность негативных эффектов может повлиять на некие целевые объекты, являющиеся значимыми для БПТ или индикаторами масштабных процессов.

Цель исследования: проанализировать кумулятивное эколого-социальное воздействие различных по характеру, степени и вероятности проявления негативных факторов (угроз) на целевые объекты Байкальской природной территории для уменьшения или предотвращения ущерба.

В ходе исследования решались следующие задачи:

- на основании актуальной опубликованной информации составить перечни целевых объектов и угроз для БПТ;
- обобщить доступную информацию о каждом объекте и угрозе, проанализировать наличие взаимосвязей;
- оценить кумулятивный эффект воздействия каждого фактора угрозы на все объекты;

- оценить кумулятивное воздействие совокупности факторов на объект;
- сопоставить воздействие разнородных факторов на принципиально разные объекты;
- выявить в пространстве «болевы точки», в которых угрозы оказывают на объекты критическое воздействие, приводящее к деградации, а при определенных условиях – уничтожению;
- предложить практические рекомендации по минимизации негативного воздействия на основе результатов проделанного анализа.



Рисунок 1. Карта зонирования Байкальской природной территории
(Абарина и др., 2021)

Figure 1. Zoning map of the Baikal natural territory
(Abarinova et al., 2021)

Материалы и методика

Изначально термин «кумулятивное воздействие» или «кумулятивные эффекты» был введен для комплексной оценки негативного антропогенного воздействия на окружающую среду: «кумулятивные эффекты связаны с накоплением изменений в системах окружающей среды с течением времени и в пространстве, которые дополняют или взаимодействуют между собой. Изменения могут быть вызваны одиночными или множественными действиями, сходными или различающимися по своему характеру. Величина изменения окружающей среды, относящаяся к отдельному действию, может казаться незначительной из-за ограниченных пространственных и временных масштабов, но изменения окружающей среды, происходящие в результате повторяющихся или множественных антропогенных воздействий, могут накапливаться с течением времени и в пространстве, приводя к кумулятивным эффектам, которые оказываются значительными» (Spaling, 1994).

Оценка кумулятивного воздействия применяется для анализа и прогнозов состояния природных систем суши (Wei et al., 2022), лесных экосистемных услуг (Shi et al., 2021), перспектив выживания отдельных видов на определенной территории (Ospan, 2021), морских экосистем (Judd et al., 2015), эффектов промышленного загрязнения (Yun-jia et al., 2009), социально-экономических проектов (Fedorova, Pongrácz, 2019), физического и психического здоровья человека (Borglykke et al., 2012; Quach et al., 2017; Goebert et al., 2000). Широкий диапазон возможных объектов оценки и гибкая возможность подбора приоритетных факторов воздействия позволяют провести оценку кумулятивного воздействия комплекса природных и антропогенных факторов для БПТ.

В ходе анализа кумулятивного воздействия экологических и социальных проблем на целевые объекты Байкальской природной территории нами было обработано более 100 источников информации (см. Приложение 1). Предпочтение отдавалось докладам и обзорам, суммирующим и подводящим итоги воздействия различных факторов, в том числе за продолжительный период времени. Например: Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2018 году» (2019); Экологический атлас бассейна озера Байкал (2015); Vychkov et al. (2015), Brown et al. (2021). Анализ материалов послужил основой для выделения целевых объектов, угроз, установления между ними взаимосвязей.

Следующим важным типом источников информации явились законы, приказы и постановления Правительства, непосредственно касающиеся БПТ. Например: Федеральный закон «Об охране озера Байкал» от 01.05.1999 N 94-ФЗ; Постановление Правительства Российской Федерации от 27.04.2021 г. № 654 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2021 году»; Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 5 августа 2011 года № 195 «Об утверждении состава и Регламента Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада и Северных ГЭС, уровня воды озера Байкал» и др. Доку-

менты использовались для уточнения условий природопользования, определения допустимых и запрещенных факторов воздействия, выявления препятствий для внедрения мер по снижению негативного воздействия, а также эффективности регулирования.

Использовались сведения тематических докладов и отчетов, размещенных на официальных сайтах государственных органов. Например: Росгидромет (2019): Мониторинг наводнения в Иркутской области; Рослесхоз (2020): Объем заготовленной древесины по итогам 2019 г.; Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год и др. Из докладов странового уровня приходилось извлекать информацию, относящуюся непосредственно к территории исследований. Как правило, в подобных документах сведения представляются в масштабах страны или разрезе субъектов Федерации, но не БПТ, что затрудняет сопоставление и анализ данных.

Среди источников информации около двух третей составили статьи в научных журналах на русском и английском языках. Как правило, они содержат глубокую проработку довольно узкой тематики, например воздействие на незначительную часть объекта, или на небольшой район БПТ.

Компанией En+ Group были предоставленные отчеты об исследованиях последних лет, выполненных по ее заказу Институтом водных проблем (ИВП РАН) и Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова (ИПЭЭ РАН). Отчет ИВП РАН (2020) был посвящен исследованию, в том числе колебаний уровня оз. Байкал, включая прогнозы изменений климата, и возможностям его регулирования. Отчеты ИПЭЭ РАН (2021) были подготовлены на основе результатов экспедиций на оз. Байкал, отбора и анализа проб, в том числе исследовалось содержание стойких органических загрязнителей, тяжелых металлов и мышьяка в образцах тканей и органов байкальской нерпы. Выводы, сделанные в отчетах, подтверждают серьезность проблем, а также указывают на риск их усиления.

Ограниченно использовалась информация, опубликованная в СМИ: о последствиях стихийных бедствий на БПТ, а также интервью с экспертами (главным образом, сотрудниками научных институтов СО РАН и ООПТ в мае-июне 2021 г.). Они помогли уточнить список угроз и объектов, выявить взаимосвязи и уточнить силу воздействия факторов.

Двадцать лет назад в числе приоритетных задач для сохранения биоразнообразия оз. Байкал была выделена следующая: «создание возможностей и организация свободного доступа ко всей накопленной информации об экосистеме озера Байкал с целью ее эффективного использования для решения задач сохранения биоразнообразия» (Стратегия..., 2000). К сожалению, задача не была реализована в полной мере. Значительная часть опубликованных научных работ находится в ограниченном доступе, только в архивах и библиотеках региональных институтов. Поиск с использованием современных научных порталов (например, elibrary.ru, cyberleninka.ru, Google Академия) не дает результатов, или переадресовывает на платные ресурсы. Создается искусственный дефицит открытой информации, который затрудняет сопоставление фактов и оценку воздействия угроз на целевые объекты.

Хотя принципы оценки кумулятивного воздействия описаны и применяются довольно давно, единой утвержденной методики суммирования эффектов не существует. Для количественных оценок применяются различные методики:

- с использованием сценарного анализа (Ospan, 2021);
- пространственный анализ с использованием многолетних данных дистанционного зондирования и возможностей GIS (Yang et al., 2022);
- модели, включающие несколько подсистем, например, климатообусловленное изменение сельского хозяйства и динамику миграции элементов в подземных водах (Bidwell, Good, 2007), или повышение температуры водоемов, поступление загрязняющих веществ и процессы биоаккумуляции (Xu, et al., 2014).

В нашем исследовании для оценки кумулятивного воздействия была использована «Методика Открытых стандартов для охраны природы», которую широко используют природоохранные организации. Методика включает принципы ранжирования экологических и социальных угроз по их воздействию на выбранные целевые объекты. Каждое воздействие оценивается количественно (или качественно при дефиците данных) по трем параметрам: диапазон, сила и необратимость. Три параметра складываются в интегральный показатель воздействия фактора угрозы на объект. Затем выполняется суммирование воздействий для каждого объекта, а также оценивается суммарное негативное воздействие одного фактора на ряд объектов. Более подробно подходы описаны в статье (Липка, Андреева, 2022).

При выборе «целевых объектов» предпочтение отдавалось объектам (в широком смысле слова) и некоторым процессам, которые являются значимыми для БПТ как объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, значимыми для жителей и обеспечения их безопасности и благополучия, известны как «символы» Байкала и БПТ, могут являться индикаторами состояния и благополучия обширных территорий и масштабных процессов. Немаловажную роль играло также наличие подтвержденной информации о связях с рассматриваемыми факторами угроз.

Анализ доступной информации позволил выделить основные угрозы для целевых объектов БПТ. При определении диапазона, силы воздействия и необратимости возникли проблемы, связанные с нехваткой данных для индикаторов. В некоторых случаях сила воздействия, диапазон или необратимость могли варьировать в достаточно широких пределах, о чем пришлось указывать при характеристике воздействия угрозы.

По ряду целевых объектов и угроз выводы на основе имеющихся данных сделаны предварительно, для их уточнения необходимо проведение специальных исследований. Поиск и обозначение подобных ситуаций входили в задачи оценки кумулятивного воздействия, чтобы обосновать необходимость дополнительных исследований в будущем.

Результаты и обсуждение

Масштаб, ландшафтное разнообразие БПТ, комплексность социальных, экологических и экономических проблем потребовали выделения достаточно большого количества целевых объектов (15), тогда как в практике Открытых стандартов рекомендуется выделять не более 10. В ходе анализа объекты были сгруппированы по типам: оз. Байкал (его уровень и качество воды как индикаторы), экосистемы (реки, прибрежные экосистемы, тайга), ключевые виды (байкальская нерпа, омуль, кабарга, соболь), население (здоровье населения, источники дохода, традиционное природопользование коренных народов), социально-экономические объекты (населенные пункты, ключевые объекты инфраструктуры, ООПТ как организации с определенными целями и задачами).

Воздействия, отнесенные к факторам угроз, оказались еще более многочисленными (26) и были объединены в 7 типов. В некоторых случаях разделение на основе собранных данных проводилось условно между взаимосвязанными угрозами. Тем не менее, с точки зрения причин и возможности снижения негативного воздействия разделение было необходимо на: климатообусловленные (волны жары; повышение температуры водоемов; засухи; уменьшение стока рек; наводнения; лесные пожары; болезни леса и вспышки численности насекомых-вредителей; сели, оползни, карст), эндогенные (землетрясения); загрязнения по типам источников и воздействию (загрязнение от сброса сточных вод (канализация); загрязнение воды и воздуха промышленными предприятиями; загрязнение атмосферы в результате работы ГРЭС, ТЭЦ и котельных); биолого-экологические (чрезмерная численность некоторых видов; браконьерство/нерегулируемый вылов; экстенсивное сельское хозяйство; мусор, отходы); прямое воздействие на уровень оз. Байкал (регулирование уровня оз. Байкал; изъятие воды для различных нужд); социальные проблемы (десоциализация; бедность; чрезмерный неконтролируемый туризм; недостаточное развитие гражданского общества); неэффективное правовое регулирование и управление (несовершенство законодательства; управление органов власти и государственных организаций; экологические стратегии компаний и корпораций, подходы к экологическому менеджменту).

В результате была сформирована матрица из 390 единиц анализа (рис. 2), которая обрабатывалась в специально созданной для Открытых стандартов программе – Miradi (Липка, Андреева, 2022).

Полученная матрица выглядит достаточно сложной как и в других случаях оценки кумулятивного воздействия для крупных объектов или масштабных регионов. Например, схема экологических рисков при строительстве и эксплуатации плотины (Кожевников, Флегонтов, 2021) учитывает только экологические аспекты воздействия (без социальных и экономических последствий). Модель состоит из 13 блоков со множеством прямых и обратных связей (рис. 3), что сопоставимо по сложности структуры с блоками «экосистемы» и «ключевые виды» кумулятивной оценки для БПТ.

Угрозы	Целевые объекты															Итого
	уровень оз. Байкала	качество воды оз. Байкала	реки	Прибрежные экосистемы	тайга	байкальская нерпа	омуль	кабарга	соболь	здоровье населения	источники доходов населения	традиционное природопользование	населенные пункты	ключевые объекты инфраструктуры	ООПТ	
волны тепла (жары)		V	V	V	V	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V
повышение температуры водоемов		V	X	V		X	V			V	X	X	X		V	V
засухи	V	V	V	V	V		V	V	X	V	V	V	V	V	V	V
уменьшение стока рек	V	V	V	V	V		V			V	V	V	V	V	V	V
наводнения	V	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	V	V	V	V
лесные пожары	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	X	V	V
болезни леса и вспышки численности вредителей			X	V	V			V	V		V	V	V		V	V
сели, оползни, карст	V	V	V	V	V					X	X	V	V	V	X	V
землетрясения		V	V	V	X					V	V	X	V	V	X	V
загрязнение - канализация		V	V	V		X	X			X	X	X	X			V
загрязнение - промышленность		V	V	V	V	V	V	X	X	V	X	V	V			V
загрязнение - ТЭС		V	V	V	V	X	X	X	X	V	X	X	V			V
чрезмерная численность некоторых видов браконьерство/нерегулируемый вылов		V		V	V	X	V	V		V	X	X	X		V	V
рубки лесов			V	V	V			V	V		X	V			V	V
сельское хозяйство		V	X	X	X	V	X			X	X	X				V
мусор / отходы		V	X	V	V	V	V			X	X	X	V		V	V
регулирование уровня с помощью ГЭС	V		V	V		X	V			V	V	V	V	V	V	V
изъятие воды для различных нужд	V		V													V
десоциализация		V	V	V	V	V	V	V	V	X	V	V	X		V	V
бедность				V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V
чрезмерный неконтролируемый туризм		V	X	V	V	X	X	X		X	X	X	V		V	V
слабое развитие гражданского общества	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V
несовершенство законодательства	V	V	X	X	V	X	V	X	X	V	V	X	V	X	X	V
несовершенство управления	V	V	X	V	V	X	X	V	X	X	X	V	V	V	V	V
несовершенство экологического менеджмента	V	V	V	V	X	X	X	X	X	V	X	X	X	X	X	V
Итого	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Рисунок 2. Схема результатов оценки кумулятивного воздействия

1) цвета:  – слабое итоговое воздействие,  – среднее,  – сильное,  – очень сильное, «-» – не оценено или нет связи; 2) V – в источниках информации достаточно данных для проведения оценки, X – воздействие угрозы на объект прослеживается, но данных для анализа недостаточно

Figure 2. Results of the cumulative impact assessment scheme

1) colours:  – weak total impact,  – medium,  – strong,  – very strong, «-» – not assessed or no connection; 2) V – sufficient data to conduct the assessment, X – the threat impact is identified, but there is data deficient for analysis

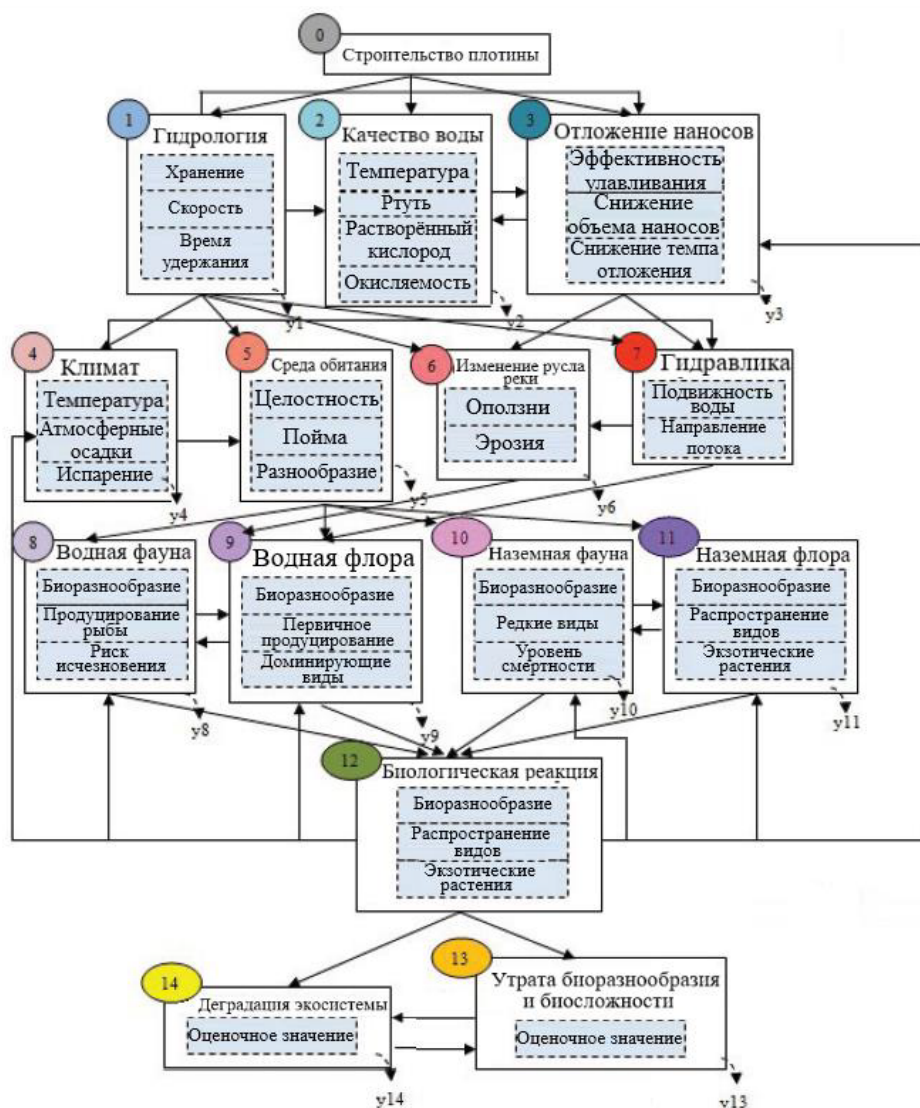


Рисунок 3. Модель сети экологических рисков при строительстве и эксплуатации плотины
(Кожевников, Флегонтов, 2021)

Figure 3. Environmental risk network under construction and operation of a dam model
(Kozhevnikov, Flegontov, 2021)

В рамках проведенного исследования не всегда между объектами и угрозами удалось установить объективные связи. Для 86 единиц анализа воздействия конкретной угрозы на конкретный целевой объект (при установленном наличии существующих прямых или косвенных связей) провести оценку не удалось (рис. 4). Частично пробелы связаны с отсутствием данных в свободном доступе. В паспорте Федерального проекта «Сохранение озера Байкал» (2018) запланировано доведение охвата озера Байкал государственным экологическим мониторингом до 100% к 2024 г. Указывается, что уже в 2017 г.

охват государственным мониторингом составлял 70%, а в 2021 г. должен был достичь от 85 до 90%. Однако направления мониторинга лишь частично совпадают с целевыми объектами и угрозами данного исследования. В большинстве случаев для получения требуемой информации необходимо проведение НИР профильным научным институтом, а также внедрение более широкой и комплексной системы мониторинга состояния оз. Байкал и БПТ, чем это предусмотрено в рамках Федерального проекта.

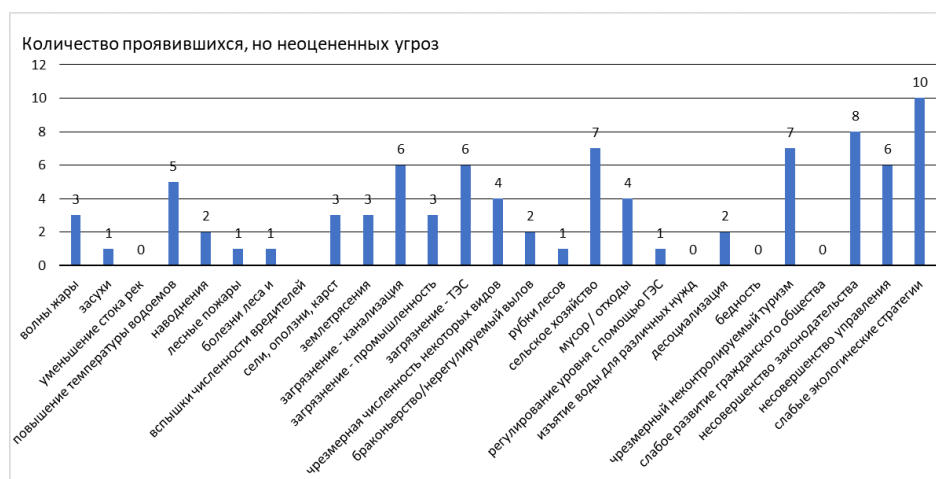


Рисунок 4. Количество выявленных угроз, для которых не удалось провести оценку воздействия на конкретный объект

Figure 4. The number of identified threats impossible to assess the impact on a specific object

Для большинства единиц анализа на основе опубликованных данных не удалось перейти от качественной оценки к количественной, т.к. необходимая информация отсутствует или предоставляется в формате, неприменимом для обработки в рамках Открытых стандартов. Ячейки таблицы, лишённые раскраски и отмеченные «х» на рис. 2, указывают на наличие связи между объектом и угрозой, но данных оказалось недостаточно для выводов.

Выделение угроз для целевых объектов проводилось независимо от «Стратегии сохранения биоразнообразия экосистемы озера Байкал» (2000). В проекте «Оценка экологических и социальных проблем Байкальской природной территории» (Абаринова и др. 2021), в котором отражены результаты наших исследований, иначе расставлены приоритеты, в связи с чем спектр целевых объектов представлен шире, чем у Стратегии, тем не менее, список угроз для БПТ оказался схожим. Полученный результат подчеркивает трудность и медлительность в решении накопившихся проблем, если с 2000-го года они не потеряли свою актуальность и вновь проявились при оценке кумулятивного воздействия, хотя были названы и сгруппированы в ряде случаев иначе (табл. 1).

В ходе проведенного исследования из угроз, оказывающих воздействие на целевые объекты, 19 получили рейтинг «очень сильно», 6 – «сильно», и всего одна – «слабо» (рис. 5).

Таблица 1. Сопоставление системного анализа факторов воздействия на биоразнообразие спустя 20 лет

Table 1. Comparison of system impact factor analysis on biodiversity after 20 years

Стратегии сохранения биоразнообразия экосистемы озера Байкал (2000)	Оценка кумулятивных эколого-социальных воздействий на Байкальскую природную территорию (Абарина и др., 2021)
глобальные изменения среды и климата	климатообусловленные
нарушение естественного гидрологического режима озера Байкал (прежде всего изменение уровня воды и естественной сезонной динамики его колебания вследствие зарегулирования стока, снижение уровня водности притоков)	уменьшение стока рек; регулирование уровня с помощью ГЭС; изъятие воды для различных нужд
сброс твердых материалов при проведении берегоукрепительных работ и строительстве дорог непосредственно на побережье	-
ветровая и водная эрозия почв	сели, оползни, карст
промышленные и бытовые сбросы и выбросы	загрязнение от сброса сточных вод (канализация); загрязнение воды и воздуха промышленными предприятиями; загрязнение атмосферы в результате работы ГРЭС и котельных; мусор, отходы
изменение природных химических процессов	повышение температуры водоемов
биологическое загрязнение	болезни леса и вспышки численности вредителей; чрезмерная численность некоторых видов
бесконтрольное изъятие биологических ресурсов (в том числе вырубка лесов)	браконьерство / нерегулируемый вылов; рубки лесов
ослабление у населения национальных, религиозных, бытовых традиций бережного отношения к природе Байкала	десоциализация
обнищание населения прибрежных поселков, что ведет к увеличению изъятия «бесплатных» природных ресурсов	бедность; браконьерство / нерегулируемый вылов; рубки лесов

экспансия строительства на побережье, провоцируемая необходимостью вложения новых капиталов	чрезмерный неконтролируемый туризм; несовершенство законодательства; управление органов власти и государственных организаций; экологические стратегии компаний и корпораций, подходы к экологическому менеджменту
аномальное размещение предприятий и населенных пунктов на побережье	чрезмерный неконтролируемый туризм; несовершенство законодательства; управление органов власти и государственных организаций; экологические стратегии компаний и корпораций, подходы к экологическому менеджменту
снижение эффективности работы государственных природоохранных органов	несовершенство законодательства; управление органов власти и государственных организаций
недостаточный уровень экологической образованности	десоциализация; слабое развитие гражданского общества



Рисунок 5. Итоговый рейтинг угроз после обработки в программе Miradi

Figure 5. The final threat rating after calculating in Miradi program

Преобладание категорий «сильно» и «очень сильно» закономерно, т.к. в рамках методики шел поиск факторов с сильным воздействием как минимум на один из целевых объектов. Эффект сложения и пересчета более слабых воздействий в более сильные ярко проявился в категориях «волны тепла (жары)» и «наводнения». Хотя ни на один из объектов воздействие не было «очень сильным», преобладали категории «сильно» и «средне», итоговый рейтинг угроз достиг максимального уровня (рис. 2).

Слабым итоговым воздействием характеризуется «изъятие воды для различных нужд». Изъятие водных ресурсов из оз. Байкал в настоящее время сравнительно мало и не способно сколь-либо значимо влиять на водный баланс озера. Объем забора поверхностных вод оценивается в 0.09% от сред-

негодового стока маловодного года обеспеченностью 95% и 0.06% стока среднего года обеспеченностью 50%. Кроме того, установленные лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов бассейна Байкала в настоящее время не выбираются (Схема комплексного... №99, 2014; Схема комплексного... №100, 2014). Так, например, забор глубинной воды для розлива производится в объеме около 15% от разрешенного (Государственный доклад..., 2019). Фактор был оставлен в качестве угрозы в рамках анализа, так как, с одной стороны, он привлекает внимание, с другой стороны, включает риск резкого и значительного увеличения в будущем, если Монголия вернется к планам строительства водохранилищ.

Изначально выделенные типы угроз включали неодинаковое количество факторов воздействия – видов угроз (рис. 6). Наиболее многочисленными оказались климатообусловленные (8 факторов). В них вошли не только опасные гидрометеорологические явления, но и их последствия, как это рассматривается в Оценочных докладах об изменении климата (2008; 2014), Климатической доктрине Российской Федерации (2009) и Национальном плане адаптации (2019).

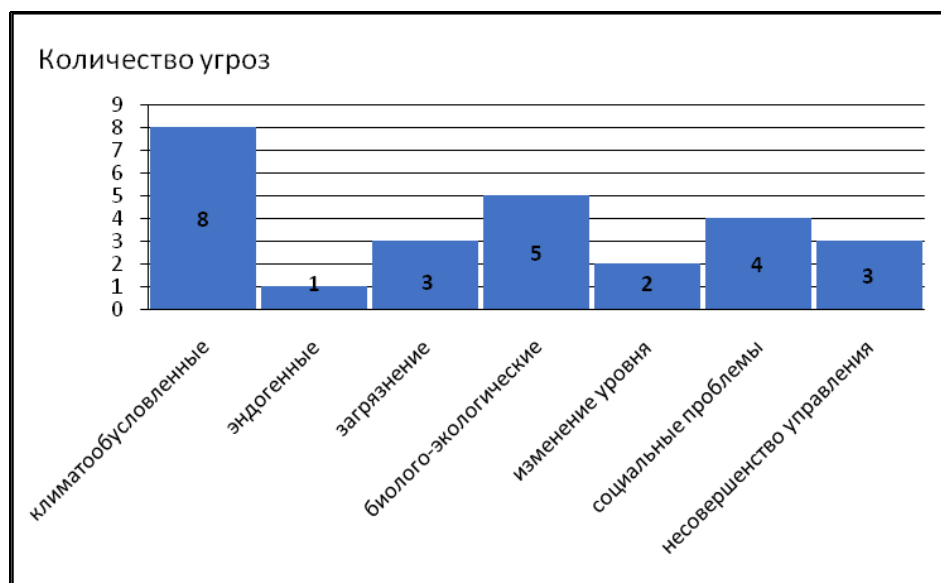


Рисунок 6. Разнообразие угроз в рамках типов

Figure 6. Diversity of threats within types

Биолого-экологические и социальные включают по 4-5 видов угроз, загрязнение и проблемы управления оказались менее разнообразны, прямое антропогенное воздействие на уровень оз. Байкал происходит в результате его регулирования ГЭС или, потенциально, изъятия вод. К эндогенным угрозам была отнесена всего одна, зато, может быть, наиболее разрушительная по

силе воздействия: землетрясения. Примерами масштабности воздействия землетрясений в районе исследований являются, например: опускание одного из блоков Лиственичного залива оз. Байкал примерно 60 тыс. лет назад с образованием р. Ангара; образование подпрудных озер в долинах рек Прибайкалья и мощнейшие выбросы воды при их прорыве. К более «современной» сейсмокатастрофе можно отнести землетрясение 11-12 января 1862 г. на восточном берегу оз. Байкал с магнитудой 7.5, интенсивностью 10 баллов. При этом «Цаганская степь» площадью 230 км² с пятью бурятскими улусами опустилась на глубину 20-40 м и образовался залив Провал (Уфимцев, Щетников, 2006; Аржанников, Аржанникова, 2008; Булгатов, 2015).

По количеству выделенных взаимосвязей между угрозами и объектами преобладают климатообусловленные, что связано не только с их числом, но и с возможностью охвата объектов различного типа: от уровня оз. Байкал до отдельных видов и объектов инфраструктуры. Например, на прибрежные экосистемы воздействует комплекс климатообусловленных угроз: повышение температуры воды и воздуха, уменьшение количества осадков, уменьшение притока речных вод в оз. Байкал, понижение уровня озера маловодный период и др. (Потемкина и др., 2018). При этом, если количество климатообусловленных «сильных» и «средних» угроз значительно превышает показатели для других типов, то общее количество «очень сильных» угроз оказалось меньше, чем, например, в категории «социальные проблемы» (рис. 7).

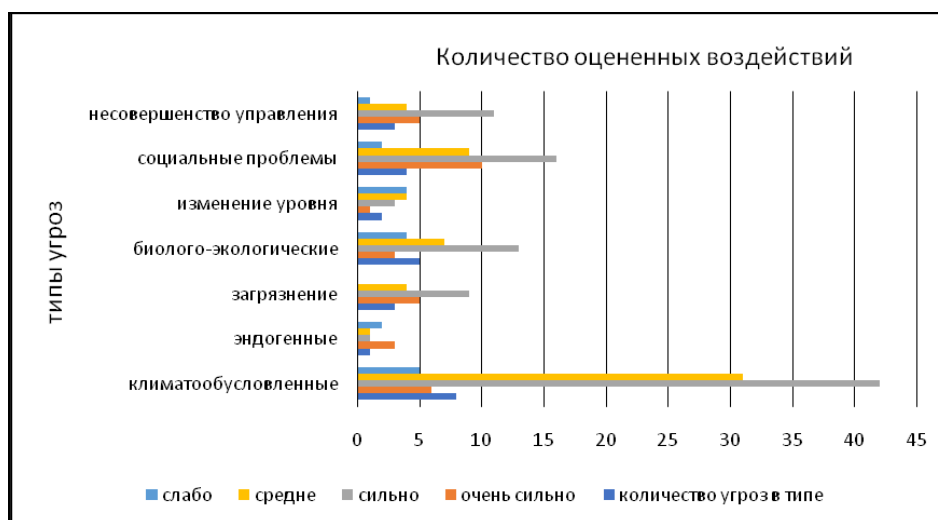


Рисунок 7. Распределение количества единиц анализа и силы воздействия по различным типам угроз

Figure 7. Distribution of units of analysis and impact strength for various types of threats

Почти на все объекты оказывают воздействие природные пожары и слабое развитие гражданского общества, к которым приближаются по широте охвата засухи и наводнения (рис. 8).



Рисунок 8. Наиболее и наименее распространенные угрозы по охвату объектов

Figure 8. The most and least common threats by target coverage

Если сравнивать степень разрушительности угроз как количество очень сильных итоговых воздействий в рамках одной категории, то картина изменяется. На первом месте оказывается чрезмерный неорганизованный туризм, тогда как пожары и землетрясения занимают второе место (рис. 9).

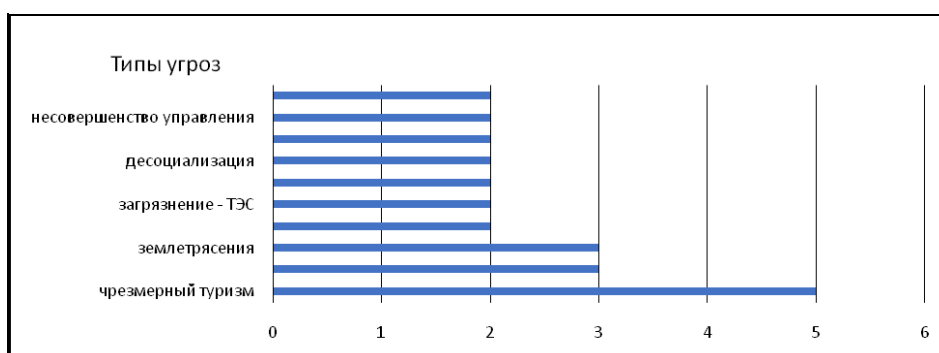


Рисунок 9. Степень разрушительности угроз для целевых объектов

Figure 9. The destructiveness degree of threats for targets

В случае с туризмом проявилась специфика применяемой в целях исследования методики. Т.к. туристическое направление на БПТ активно развивается, захватывает все привлекательные и доступные участки территории, у него оказывается очень широкий диапазон воздействия и максимальная необратимость. При этом происходит деградация, трансформация и даже уничтожение экосистем, наносится ущерб популяциям видов, что соответствует сильному воздействию. Особенно страдают от чрезмерного туризма наиболее хрупкие степные и песчаные ландшафты (побережье залива Малое море, остров Ольхон, Тажеранские степи, полуостров святой Нос, окрестности сел Турки, Горячинска) (Знаменская и др., 2018).

Из 15 выделенных объектов для БПТ подавляющему большинству (13) был присужден высший ранг степени уязвимости – «очень сильно» (рис. 10). Из них для «традиционного природопользования» коренных народов ни одно из воздействий угроз не было «очень сильным», однако на основе кумулятивной оценки суммарное воздействие более слабых угроз достигло критического уровня (см. рис. 2).



Рисунок 10. Рейтинг общей уязвимости объектов

Figure 10. Total vulnerability rating of targets

Средним, т.е. наименьшим по итогам анализа, оказалось суммарное воздействие на соболя (рис. 10), который благодаря своей численности, широкому распространению, способности к быстрому передвижению и откочевке на другие территории, а также использованию деревьев оказывается менее уязвим, чем другие объекты животного мира. Данный факт может рассматриваться как пример достижения цели сокращения негативного воздействия в ходе планомерной многолетней работы по сохранению и поддержанию высокой численности соболя в регионе.

Пять объектов в той или иной степени оказались подвержены воздействию более, чем 50% выделенных угроз: качество воды оз. Байкал, прибрежные экосистемы и тайга, а также здоровье населения и ООПТ (рис. 11).

Прибрежные экосистемы также выделяются по количеству одновременного воздействия угроз максимального уровня: именно они оказываются наиболее уязвимыми и требуют принятия безотлагательных мер по сохранению и восстановлению (рис. 12).

Вторым по подверженности объектом оказались населенные пункты. Это означает, что здоровье и безопасность людей, проживающих в них, подвергаются угрозе, если не предпринимаются специальные меры по снижению негативного воздействия (например, повышенные требования к прочности зданий в зонах сейсмической активности). Одной из серьезнейших проблем является снижение качества питьевой воды в населенных пунктах, расположенных на побережье оз. Байкал, что также является отражением комплекса угроз антропогенного и природного характера.

Можно объединить в группы объекты, подверженные трем, двум и одному очень сильному воздействию угрозы (рис. 12).

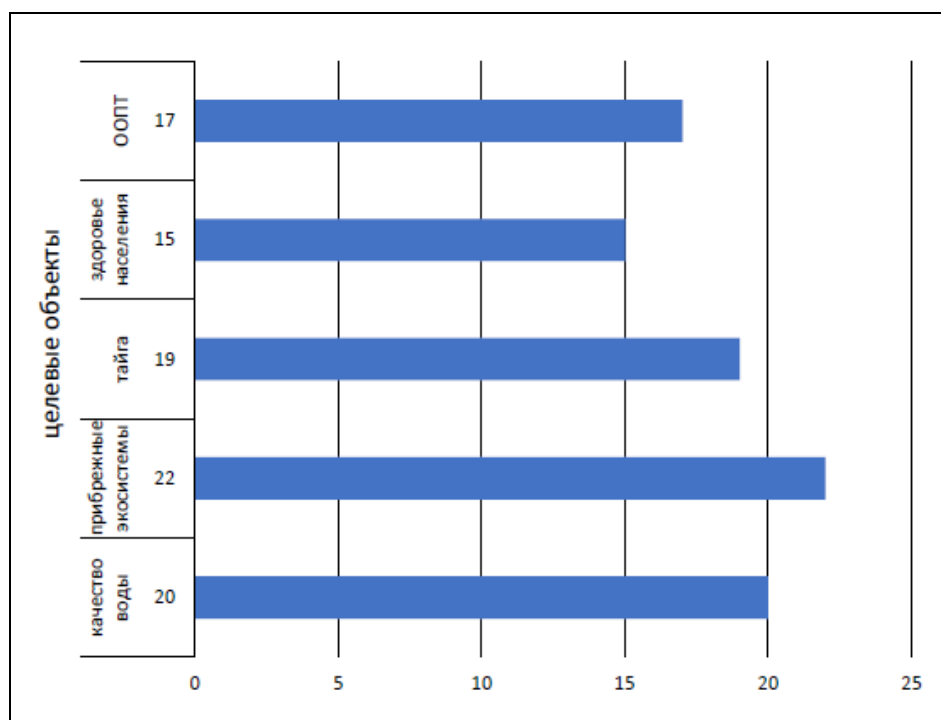


Рисунок 11. Объекты, подверженные наибольшему количеству угроз одновременно

Figure 11. Targets subject to the biggest number of threats at the same time

Из видов животного мира наиболее уязвимой оказалась кабарга в результате воздействия лесных пожаров, браконьерства и десоциализации, которая тесно связана с бедностью и является одной из предпосылок для браконьерства. К этой же категории высокой уязвимости относится качество воды оз. Байкал, причем очень сильное воздействие оказывает не только прямое загрязнение промышленностью (при значительном вкладе и других источников загрязнения), но и чрезмерный неконтролируемый туризм, а также слабое развитие гражданского общества, которое, в том числе, многие годы не могло добиться закрытия Байкальского ЦБК. В данную группу входят ООПТ, природоохранные организации, созданные для обеспечения сохранения видов и экосистем, призванные снижать воздействие и ликвидировать последствия рассматриваемых угроз. При этом они сами в значительной степени подвержены лесным пожарам, неконтролируемый туризм уже наносит существенный ущерб и приводит к деградации экосистем на наиболее популярных у туристов участках, а несовершенство управления разного уровня, включая недофинансированность заповедной науки и мер противопожарной безопасности, препятствуют развитию планомерной и эффективной природоохранной деятельности.



Рисунок 12. Подверженность объектов очень сильному воздействию

Figure 12. Exposure of targets to a very strong impact

Уровень воды оз. Байкал оказался подверженным очень сильному воздействию в меньшей степени, чем качество воды (рис. 12). Для уровня наиболее сильный эффект оказали засухи и сокращение стока рек, способствующие его понижению, а не наводнения, приводящие к превышению установленного диапазона. Сказался компонент длительности воздействия, усиливающий ранг необратимости. Во время длительных засух уровень воды в Байкале поддерживается плотиной Иркутской ГЭС в пределах нормативных отметок максимально возможное время. При этом снижение уровня воды ниже отметки уровня мертвого объема (УМО) 455.54 м тихоокеанской системы высот (ТО) будет вынужденным при затянувшемся маловодье для обеспечения минимальных расходов воды по р. Ангаре ниже гидроузла. Подобное снижение уровня озера ниже УМО наблюдалось в меженные периоды маловодных 1974-1982 гг. Наводнения, при большом диапазоне и высокой силе воздействия, характеризуются средней степенью необратимости по отношению к уровню озера. Правильное управление и освобождение полезного объема озера для приема паводков позволяет успешно срезать их пики. В совокупности перечисленные факторы дают эффект «сильный», а не «очень сильный» по отношению к уровню оз. Байкал.

Аналогично – регулирование уровня с помощью ГЭС. Негативные воздействия на сформировавшиеся после заполнения Иркутского водохранилища экосистемы могут наблюдаться при существенном отличии внутригодового хода уровня воды в озере от естественного цикла и выходе уровня за проектный нормальный диапазон отметок 455.54-457.00 м ТО. Надо отметить, что с созданием Иркутской ГЭС естественная внутригодовая динамика хода уровня в целом сохранилась, но в среднем за год среднеегодовое значение уровня воды повысились на 0.74 м (Научно-прикладной справочник..., 2021). Маневренные возможности ГЭС позволяют выдерживать плавный ход уровня воды в озере близким к естественному, поэтому необратимость – низкая. Однако при прохождении экстремальных паводков редкой повторяемости

возникают условия, когда подпор в озере формируется лимитирующим сечением истока Ангарты (пропускная способность при отметке 457.0 м ТО у ГЭС – около 7000 м³/с, у истока около 4500 м³/с) (ИВП РАН, 2020). При этом назначение на Иркутской ГЭС расходов воды свыше пропускной способности истока не способно значимо повлиять на динамику уровня воды в озере, но приводит к локальному понижению уровня воды перед плотиной ГЭС за счет формирования кривой спада.

Высокой необратимостью могут обладать климатические причины, например, прогнозируемое сокращение стока Селенги. Интенсивное хозяйственное освоение бассейна Селенги, в основном его монгольской части, сопровождается повышением объемов изъятия водных ресурсов, а также нарастанием поступления загрязняющих веществ в водные объекты бассейна (ИПЭЭ РАН, 2021). Наряду с климатически обусловленным сокращением стока (ИВП РАН, 2020), это ведет к повышению концентраций загрязняющих веществ, переносимых Селенгой, то есть способно оказать существенное влияние на качество воды в озере.

Анализ угроз показал высокую степень необратимости многих негативных явлений, в том числе, связанную с медленным принятием решений, направленных на улучшение и стабилизацию ситуации. Например, в 2000 г. в «Стратегии сохранения биоразнообразия озера Байкал» были выделены следующие «причины, резко снижающие эффективность и целесообразность реализуемых здесь природоохранных программ:

- отсутствие согласованной системы целей, задач и мероприятий, реализуемых по различным проектам и программам;
- отсутствие экологического обоснования ряда разработанных программ;
- слабая проработанность экономических, финансовых и правовых механизмов реализации программ при недостатке бюджетных ресурсов;
- методологические просчеты, в частности, недоучет комплексного экосистемного подхода;
- излишняя «централизация», отсутствие ориентации на возможности и приоритеты заинтересованных сторон и «пользователей» результатов деятельности по программам» (Стратегия..., 2000).

Проведенная оценка кумулятивного воздействия подтверждает справедливость данных выводов, а также их актуальность вследствие нерешенности большинства проблем за истекший период времени.

Кумулятивное воздействие угроз на большинство объектов оказалось в диапазоне «сильно» или «очень сильно», что говорит о высокой подверженности БПТ негативному воздействию. Естественным буфером является размер (в том числе объем воды оз. Байкал) и незначительная нарушенность в прошлом (например, по сравнению с Европейской территорией России). Тем не менее, уже сейчас накоплен значительный экологический ущерб и имеются угрозы, обладающие высокой необратимостью воздействия, расширяющимся диапазоном и прогнозируемым увеличением силы воздействия в будущем.

Туризм, который рассматривается как главная возможность экономического и социального развития БПТ, характеризуется стихийностью, неконтролируемостью, тяжелыми экологическими последствиями уже сейчас. Требуются безотлагательные меры по его упорядочиванию и экологизации, иначе БПТ подвергнется в значительной степени деградации и загрязнению в местах массового туризма, в связи с чем потеряет свою привлекательность как для международного, так и для внутреннего туризма.

Без решения проблем загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных вод невозможно решить современные проблемы здоровья населения, а также сохранить туристическую привлекательность БПТ в долгосрочной перспективе.

Проблемы, связанные с уровнем оз. Байкал, не могут быть решены только технологическим путем. Они требуют принятия решений на законодательном уровне и усиления административных мер. Научное обоснование правил управления уровнем воды озера должно основываться не только на данных наблюдений, но и на данных прогнозов изменений климата для всего бассейна оз. Байкал и прогнозов изменения стока рек в связи с изменением климата.

При анализе территориального расположения угроз можно выделить несколько очагов – «горячих точек» с наиболее высокой их концентрацией и последствиями. Дельта р. Селенги представляет узел социальных и эколого-экономических проблем и возможных экологических рисков, связанных не только с хозяйственной деятельностью человека, но и с современным изменением климата. Это обусловлено, в том числе, огромной водосборной площадью р. Селенги и величиной стока реки в оз. Байкал, составляющим примерно половину от общего объема. Река Селенга собирает трансграничный поток загрязняющих веществ от промышленных предприятий Монголии, сточные воды г. Улан-Удэ, промышленные сбросы Селенгинского целлюлозно-картонного комбината. И это все, в конечном счете, аккумулируется в дельте реки, с дальнейшей миграцией в озеро. Так как дельта Селенги, не только естественный фильтр воды, но и место массовых скоплений водоплавающих в период размножения, линьки и сезонных миграций, то нестабильный гидрологический режим и подъем уровня Байкала приводят к деградации лугово-болотных экосистем дельты, разрушению мест обитания водоплавающих и околоводных птиц.

Два крупнейших города (гг. Иркутск, Улан-Удэ) и их окрестности испытывают влияние не только от факторов антропогенного и социального характера, но и природных явлений, таких как землетрясения, пожары, волны жары и др. В качестве примера сложности и остроты некоторых проблем городов, можно привести присутствие «фенольного» отстойника Улан-Удэнского локомотивного вагоноремонтного завода в грунтах в центре г. Улан-Удэ. За годы эксплуатации данного отстойника накоплено ~ 83 тыс. тонн отходов. Концентрация фенолов в воде составляет ~5.1 мг/л. Кратность превышения величины ПДК в воде составляет порядка ~5100 раз. При этом фенол, согласно СанПиН 2.1.5.980-00, относится ко второму классу опасности (Афонина, Иващенко, 2014).

Основной причиной появления следующих «горячих точек» является их туристическая привлекательность и более высокая концентрация населенных пунктов на берегах озера – юго-западное побережье оз. Байкал (от г. Слюдянки до о. Ольхон, включая Малое море) и восточный берег Байкала (от с. Гремячинск до с. Турка). На этих участках повсеместно отмечается отсутствие необходимой инфраструктуры для принятия существующего потока туристов, отсутствие очистных сооружений в населенных пунктах, чрезмерная нагрузка на прибрежные экосистемы, целый ряд социальных проблем, в том числе связанных с введением запрета на промысловый вылов омуля с 2017 года. Острой проблемой на юге Байкала остаются накопленные отходы деятельности Байкальского ЦБК.

На северной оконечности оз. Байкал также существует целый ряд экологических и социальных проблем, из которых важнейшими являются загрязнение вод озера промышленными и сточными водами, размыв о. Ярки. Со строительством БАМа в Северном Байкале появились такие источники загрязнения как Северобайкальский и Нижнеангарский промышленные узлы, расположенные непосредственно на побережье Байкала, а также промышленные поселки, на реках – притоках Байкала Верхней Ангары и Кичеры. А недоочищенные сточные воды г. Северобайкальска с многократными превышениями ПДК, разрешенными для сброса в водоохранной зоне, привели к скоплению огромных масс водорослей, приуроченных к устью р. Тья и десятикилометровой прибрежной зоне озера, простирающейся на запад от устья. Большая часть гидрохимических показателей качества воды на Северном Байкале выше норм ПДК по таким как pH, взвешенные вещества, сульфаты, фосфор общий, органические фосфаты, все формы азота, кремний и хлор. Максимальные концентрации нефтепродуктов достигали 5-6 ПДК. После строительства Иркутской ГЭС начался процесс частичного разрушения естественных перемычек, отделяющих мелководные заливы (соры) от озера. Одной из таких перемычек является бар-остров Ярки в северной оконечности Байкала, который отделяет Ангарский сор от озера. В настоящее время продолжает происходить активная деградация бара, особенно в периоды повышенного уровня оз. Байкал (Афони́на, Иващенко, 2014; Томберг и др., 2016; Потемкина и др., 2008).

Предложения и рекомендации

В отличие от оценки кумулятивных эколого-социальных воздействий, которая построена на ранжировании угроз, Предложения готовятся для целевых объектов. Исходя из результатов анализа, можно выделить направления и отдельные мероприятия, для осуществления которых необходимо принятие решений на федеральном, региональном или местном уровне. К сожалению, не существует единого для БПТ централизованного органа, который мог бы принимать решения и выделять ресурсы для проведения мероприятий, а также контролировать сроки и качество выполнения поставленных задач.

Кроме того, не для всех негативных явлений возможно предложить меры по предотвращению и минимизации ущербов, или их оценочная стоимость на современном этапе превышает ожидаемый положительный эффект.

Для каждого объекта включена информация о воздействиях угроз, которые требуют дополнительного изучения для определения степени опасности, и, соответственно, принятия научно обоснованных решений.

Предложения разделены по типам в зависимости от степени изученности проблемы и наличия ресурсов для решения поставленной задачи: действия – планирование – изучение (action–panning–research). Во многих случаях, следуя принципу предосторожности, два или три компонента необходимо реализовывать одновременно: начинать первые безотлагательные действия, совершенствовать планирование и продолжать исследования для обеспечения устойчивых долгосрочных природоохранных результатов. Полный список предложений см. в Приложении 2.

В качестве примера приводим предложения по уровню оз. Байкал:

Возможные действия

- ♦ Проведение переговоров с Монголией о совместном водопользовании в бассейне Селенги с учетом прогнозов существенного сокращения ее стока.
- ♦ Внедрение водосберегающих технологий на всех предприятиях промышленности, в сельском хозяйстве, ЖКХ и всех туристических объектах для снижения водопотребления по всему бассейну Байкала.
- ♦ Постановка на кадастровый учет карты зон затопления и подтопления как самого озера, так и главных его притоков и р. Ангары.
- ♦ Решение проблемы с нелегальной застройкой (уведомить о необходимости освободить незаконно занятые участки).

Планирование

- ♦ Установка научно-обоснованных правил управления уровнем оз. Байкал с учетом уязвимости природных и антропогенных объектов, экономических потребностей, а также прогноза изменений климата.
- ♦ Уточнение диспетчерских графиков для всего Ангаро-Енисейского каскада ГЭС с учетом проведенных исследований.
- ♦ Разработка планов минимизации и ликвидации последствий наводнений, вызванных экстремально высоким уровнем оз. Байкал в случае экстремальных паводков крайне низкой обеспеченности.
- ♦ Учет мнения гражданского общества при доработке правил использования водных ресурсов оз. Байкал.

Необходимые исследования

- ♦ Воздействие повышения температуры приземного слоя атмосферы на изменение водного баланса оз. Байкал (связь между изменением испарения, стока и физическим расширением).

- ♦ Прогноз изменения стока основных притоков Байкала на основе моделирования климата на сдвоенных глобальных моделях циркуляции атмосферы и океана для различных сценариев изменения концентрации парниковых газов в атмосфере Земли, а также специального регионального гидрологического моделирования.
- ♦ Моделирование критически опасных гидрометеорологических явлений и их комплексов, которые могут привести к риску повреждения плотин и инфраструктуры ГЭС, с разработкой мер по адаптации.
- ♦ Определение зон потенциального затопления и подтопления на БПТ при сочетании неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений малой обеспеченности, с учетом изменений климата.
- ♦ Исследование влияния пожаров и других типов обезлесивания (ветровалы, вспышки численности насекомых, рубки и т.д.) на изменчивость стока рек, гидрографы паводков, снегонакопления и снеготаяния и т.д.
- ♦ Анализ и прогноз развития цунами в результате сейсмической активности, возможных зон поражения.

Ряд представленных предложений уже реализуются органами государственной власти, Федеральными государственными бюджетными учреждениями, коммерческими или некоммерческими организациями. Отдельные предложения сформулированы впервые, особенно в части мер по организации и проведению дополнительных научных исследований, связанных с изучением реагирования экосистем БПТ и их компонентов на изменение климата (с учетом его нарастающей экстремальности). Данные предложения могут быть реализованы как совместно, так и по отдельности применительно к отдельным видам выявленных угроз на БПТ.

Выводы

Результаты проведенной оценки кумулятивных эколого-социальных воздействий на Байкальскую природную территорию подтвердили высокую степень негативного воздействия угроз, что требует безотлагательного принятия решений и срочных действий, а именно:

упорядочение и экологизация туризма (наиболее высокий уровень риска, который будет усиливаться);

предотвращение загрязнения из промышленных источников через модернизацию, реконструкцию или закрытие вредных производств;

разработка научно-обоснованных правил управления водными ресурсами оз. Байкал с учетом изменений климата, законных интересов заинтересованных сторон и обеспечения сохранения видов и экосистем с последующим их законодательным закреплением на постоянной основе.

Можно выделить следующие «горячие точки» с высокой концентрацией угроз и их последствий: 1) дельта р. Селенги (колебания уровня оз. Байкал;

загрязнение от сброса сточных вод; загрязнение воды и воздуха промышленными предприятиями; засухи; уменьшение стока рек; наводнения; пожары; чрезмерная численность некоторых видов; землетрясения; повышение температуры воды); 2) г. Улан-Удэ и его окрестности (сели, оползни; загрязнение от сброса сточных вод; загрязнение воды и воздуха промышленными предприятиями; загрязнение атмосферы в результате работы ГРЭС, ТЭЦ и котельных; волны жары; наводнения; землетрясения; бедность; десоциализация); 3) г. Иркутск и его окрестности (загрязнение воды и воздуха промышленными предприятиями; загрязнение атмосферы в результате работы ГРЭС, ТЭЦ и котельных; землетрясения; береговая абразия; чрезмерная численность некоторых видов; волны жары; десоциализация); 4) западное (от г. Слюдянки до о. Ольхон, включая Малое море) и 5) восточное побережье оз. Байкал (от с. Гремячинск до с. Турка) (чрезмерный туризм; мусор/отходы; загрязнение от сброса сточных вод; чрезмерная численность некоторых видов; бедность; десоциализация); 6) северная оконечность оз. Байкал (г. Северобайкальск и его окрестности, о. Ярки) (мусор/отходы; наводнения; землетрясения) (рис. 13).

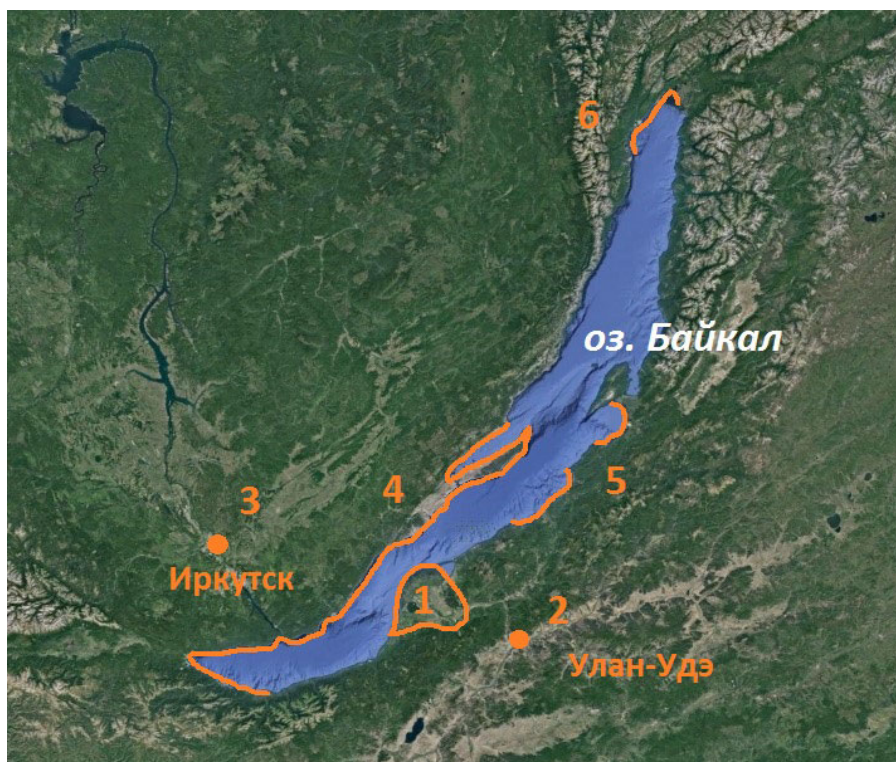


Рисунок 13. Расположение участков с высокой концентрацией угроз сильного воздействия (описание участков см. в тексте)

Figure 13. Locations with high impact threats concentration (see the description of the selected sites in the text)

Такие угрозы, как бедность и десоциализация, подпитывают и усиливают другие угрозы. Без их искоренения добиться значимых позитивных результатов невозможно.

Климатообусловленные угрозы охватывают практически все целевые объекты. Ожидается усиление негативных последствий в связи с нарастающей экстремальностью климата. Необходимо включение научно-обоснованных мероприятий в планы адаптации всех субъектов Федерации (должны быть утверждены в 2022 г.). Целесообразно было бы разработать единый план адаптации к изменениям климата для БПТ, аналогичный плану адаптации для Арктической зоны РФ. Особенно ценным было бы создание и утверждение трансграничного российско-монгольского плана адаптации для бассейна Байкала.

Требуются пилоты по приоритетной реализации национальных целей на БПТ.

Результаты исследования согласуются со встревоженностью ЮНЕСКО по поводу состояния оз. Байкал и БПТ: «возможно включение объекта в Список Всемирного Наследия, находящегося под угрозой, при отсутствии существенного прогресса в решении вышеуказанного» (перечислены проблемы, связанные с несовершенством законодательства, государственного управления, колебания уровня, загрязнения (в том числе накопленный экологический ущерб) и др.) (UNESCO, 2021).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке проекта «Оценка экологических и социальных проблем Байкальской природной территории», а также темы госзадания № АААА-А20-120070990079-6 ФГБУ «ИГКЭ».

Список литературы

Абарина, Н.Г., Гербер, А.С., Липка, О.Н., Льюмменс, Х., Толстых, Н.И., Федоров, А.В., Яблоков, М.С., Куклина, С.Л., Шейнфельд, С.А. (2021) *Проект «Оценка экологических и социальных проблем Байкальской природной территории»*, М., Экоцентр «Заповедники», 587 с.

Аржанников, С.Г., Аржанникова, А.В. (2008). Внутриконтинентальные гидросферные катастрофы, *Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле*, № 1, с. 321-331.

Афони́на, Т.Е., Иващенко, А.А. (2014). Экологическая ситуация в центральной экологической зоне оз. Байкал, *Актуальные вопросы аграрной науки*, № 11, с. 5-9.

Булгатов, А.Н. (2015). Механизм образования сейсмогенного залива Провал на восточном берегу оз. Байкал, *Доклады Академии наук*, т. 460, № 6, с. 682-682.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата на территории Российской Федерации (2014) М., Росгидромет, 1006 с.

Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2018 г.» (2019) Иркутск, АНО «КЦ Эксперт», 341 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год (2021) М., Росгидромет, 104 с.

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*, т. 12, № 3, с. 75-86.

ИВП РАН (2020) *Отчет о НИР по теме: «Разработка (уточнение) диспетчерских графиков ГЭС Ангара-Енисейского каскада с учётом современных условий», этап I*, М., ИВП РАН, 252 с.

ИПЭЭ РАН (2021) *Отчет о НИР по теме: «Организация и проведения экспедиции экологического мониторинга озера Байкал»*, М., ИПЭЭ РАН, 96 с.

Климатическая доктрина Российской Федерации (2009) Утверждена распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 года N 861-рп.

Кожевников, Е.Е., Флегонтов, А.А. (2021) Оценка кумулятивного воздействия на окружающую среду от строительства и эксплуатации плотин, *Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов*, с. 134-136.

Липка, О.Н., Андреева, А.П. (2022) Методика открытых природоохранных стандартов для оценки кумулятивного воздействия, *ЭММЭ*, 1-2, с. 64-89.

Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики озер Российской Федерации и их многолетние изменения (2021) Под редакцией В.Ю. Георгиевского, СПб., ООО «РИАЛ», 49 с.

Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года (2019) Утвержден Правительством Российской Федерации: Распоряжение от 25 декабря 2019 г. № 3183-р.

Оценочный доклад об изменениях климата на территории Российской Федерации (2008) Том 1. Изменение климата, М., Росгидромет, 228 с. Том 2. Последствия изменений климата, М., Росгидромет, 288 с.

Постановление Правительства Российской Федерации от 27.04.2021 г. № 654 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2021 году».

Потемкина, Т.Г., Потемкин, В.Л., Федотов, А.П. (2018) Климатические факторы как риски современных экологических изменений в береговой зоне озера Байкал, *Геология и геофизика*, т. 59, № 5, с. 690-702.

Потемкина, Т.Г., Ярославцев, Н.А., Петров, В.А. (2008) Современные потоки наносов у острова Ярки (Северный Байкал), *Успехи современного естествознания*, № 8, с. 113-114.

Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 5 августа 2011 года № 195 «Об утверждении состава и Регламента Межведомственной

рабочей группы по регулированию режимов работы водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада и Северных ГЭС, уровня воды озера Байкал» (2011).

Росгидромет (2019) *Мониторинг наводнения в Иркутской области*, НИЦ «Планета». Электронный ресурс. URL: <http://www.meteorf.ru/press/news/19528/> (дата обращения 02 марта 2022).

Рослесхоз (2020) *Объем заготовленной древесины по итогам 2019 г.* Электронный ресурс. URL: <http://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-Wood-Volume> (дата обращения 02 марта 2022).

СанПиН 2.1.5.980-00 (2000) Гигиенические требования к охране поверхностных вод, М., Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России.

Стратегия сохранения биоразнообразия экосистемы озера Байкал (2000) Утверждена МПР РФ от 15.06.2001, администрацией Иркутской области от 01.11.2000, администрацией Читинской области от 01.11.2000, правительством Республики Бурятия от 01.11.2000, 77 с.

Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек южной части оз. Байкал (2014) Утверждена приказом Енисейского БВУ от 21.06.2014 г. № 99.

Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Селенга (2014) Утверждена приказом Енисейского БВУ от 24.06.2014 г. № 100.

Томберг, И.В., Сакирко, М.В., Онищук, Н.А., Тимошкин, О.А. (2016). Антропогенное эвтрофирование литорали оз. Байкал, Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: в кн.: *Материалы V Международной научной конференции 12-17 сентября 2016 г.*, Минск – Нарочь. Под ред. Т.М. Михеева, Минск, БГУ, с. 110-111.

Уфимцев, Г.Ф., Щетников, А.А. (2006) *Текли реки из Байкала, Природа*, № 6 (1090), с. 49-54.

Федеральный закон «Об охране озера Байкал» от 01.05.1999 N 94-ФЗ.

Федеральный проект «Сохранение озера Байкал» (2018) Входит в число федеральных проектов в рамках Национального проекта «Экология», п. 4.6. Срок реализации: 2019-2024 гг.

Экологический атлас бассейна озера Байкал (2015) Иркутск, Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СОРАН, 145 с.

Bidwell, V.J., Good J.M. (2007) Development of the AquiferSim model of cumulative effect on groundwater of nitrate discharge from heterogeneous land use over large regions. In *MODSIM 2007 International congress on modelling and simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand* (pp. 1617-1622).

Borglykke, A., Grarup, N., Sparsø, T., Linneberg, A., Fenger, M., Jeppesen, J., Hansen, T., Pedersen, O., Jørgensen, T. (2012) *Genetic Variant SCL2A2 Is*

Associated with Risk of Cardiovascular Disease—Assessing the Individual and Cumulative Effect of 46 Type 2 Diabetes Related Genetic Variants. PLoS One, 7(11), e50418.

Brown, K.P., Gerber, A., Bedulina, D., Timofeyev, M.A. (2021) Human impact and ecosystemic health at Lake Baikal, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, p. e1528, doi: 10.1002/wat2.1528.

Bychkov, I.V., Maksimova, I.I., Kuznetsova, A.N. (2015) Institutional support of the implementation of system approach to monitoring the unique system of Lake Baikal, *Geography and Natural Resources*, 4, 43-52. doi:10.1134/S1875372815040058.

Fedorova, E., Pongrácz, E. (2019) Cumulative social effect assessment framework to evaluate the accumulation of social sustainability benefits of regional bioenergy value chains, *Renewable Energy*, 131, 1073-1088.

Goebert, D., Nahulu, L., Hishinuma, E., Bell, C., Yuen, N., Carlton, B., Andrade, N., Miyamoto, R., Johnson, R. (2000) Cumulative effect of family environment on psychiatric symptomatology among multiethnic adolescents, *Journal of Adolescent Health*, 27(1), 34-42.

Judd, A.D., Backhaus, T., Goodsir, F. (2015) An effective set of principles for practical implementation of marine cumulative effects assessment, *Environmental Science & Policy*, 54, 254-262.

Ospan, A.K. (2021) *A cumulative effect assessment using scenario analysis methodology to assess future Cowichan River Chinook and Coho salmon survival*. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Geography, University of Victoria, 154 p.

Quach, J., Nguyen, C., O'Connor, M., Wake, M. (2017) The cumulative effect of health adversities on children's later academic achievement, *Academic Pediatrics*, 17(7), 706-714.

Shi, X., Wang, T., Chen, K., Cao, X., He, D., Xu, Z., Deng, J. (2021) *Reliability analysis and cumulative impact assessment of forest ecosystem services: a case study of Jilin Province, China*. *IEEE Access*, 9, 59160-59170.

Spaling, H. (1994) Cumulative Effects Assessment: Concepts and Principles, *Impact Assessment*, 12(3), 231-251, doi: 10.1080/07349165.1994.9725865.

UNESCO (1997) *World Heritage Committee. Twentieth session*, Merida, Mexico, 2-7 December 1996. WHC-96/CONF.201/21, 10 March 1997. Электронный ресурс. URL: <https://whc.unesco.org/archive/repcom96.htm> (дата обращения 02 марта 2022).

UNESCO (2021) *Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage*. WHC/21/44.COM/18 16-31 July 2021. Электронный ресурс. URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/44COM/documents> (дата обращения 02 марта 2022).

Wei, X., He, W., Zhou, Y., Ju, W., Xiao, J., Li, X., Liue, Y., Xua, Sh., Bia, W., Zhanga, X., Cheng, N. (2022) Global assessment of lagged and cumulative effects of drought on grassland gross primary production, *Ecological Indicators*, 136, 108646.

Xu, Y., Peng, H., Yang, Y., Zhang, W., & Wang, S. (2014) A cumulative eutrophication risk evaluation method based on a bioaccumulation model, *Ecological modelling*, 289, pp. 77-85.

Yang, W., Mu, Y., Zhang, W., Wang, W., Liu, J., Peng, J., Liu, X., He, T. (2022) Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine, *Remote Sensing*, 14(17), 4381.

Yun-jia, W., Da-chao, Z., Da-jun, L., Yong-feng, L., Xing-feng, W. (2009) Environment cumulative effects of coal exploitation and its assessment, *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1072-1080.

References

Abarinova, N.G., Gerber, A.S., Lipka, O.N., Leummens, H., Tolstykh, N.I., Fedorov, A.V., Yablokov, M.S., Kuklina, S.L., Sheinfeld, S.A. (2021) *Proyekt «Otsenka ekologicheskikh i sotsial'nykh problem Baykal'skoy prirodnoy territorii»* [Project "Assessment of environmental and social problems of the Baikal natural territory"], Ecocenter "Reserves", Moscow, Russia, 587 p.

Arzhannikov, S.G., Arzhannikova, A.V. (2008) Vnutrikontinental'nyye gidrosfernyye katastrofy [Intracontinental hydrospheric catastrophes], *Razvitiye zhizni v protsesse abioticheskikh izmeneniyna Zemle* [Development of life in the process of abiotic changes on Earth], no. 1, pp. 321-331.

Afonina, T.E., Ivashchenko, A.A. (2014) Ekologicheskaya situatsiya v t sentral'noy ekologicheskoy zone oz. Baykal [The ecological situation in the central ecological zone of lake Baikal], *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki* [Topical issues of agricultural science], no. 11, pp. 5-9.

Bulgatov, A.N. (2015) Mekhanizm obrazovaniya seysmogennogozaliva Proval na vostochnom beregu oz. Baykal [Mechanism of formation of the seismogenic bay Failure on the eastern shore of lake Baikal], *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], vol. 460, no. 6, pp. 682-682.

Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii [Second assessment report of Roshydromet on climate change in the Russian Federation] (2014), Roshydromet, Moscow, Russia, 1006 p.

Gosudarstvennyy doklad «O sostoyani ozera Baykal i merakh po yego okhrane v 2018» [State report "On the state of Lake Baikal and measures for its protection in 2018"] (2019), ANO "KC Expert", Irkutsk, Russia, 341 p.

Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2020] (2021), Roshydromet, Moscow, Russia, 104 p.

Znamenskaya, T.I., Vanteeva, Yu.V., Solodyankina, S.V. (2018) Digressiya rastitel'nosti i pochv pribrezhnykh landshaftov ozera Baykal na primere privlekatel'nykh turisticheskikh rayonov [Digression of vegetation and soils of the coastal landscapes of Lake Baikal on the example of attractive tourist areas], *Sovremennyye problemy servisa I turizma* [Modern problems of service and tourism], vol. 12, no. 3, pp. 75-86.

IWP RAS (2020) *Otchet o NIR po teme: «Razrabotka (utochneniye) dispatcher'skikh grafikov GES Angaro-Yeniseyskogo kaskada s uchotom sovremennykh usloviy»* [Research report on the topic: "Development (refinement) of dispatch schedules for HPPs of the Angara-Yenisei cascade, taking into account modern conditions"], stage 1, IWP RAS, Moscow, Russia, 252 p.

IPEE RAS (2021) *Otchet o NIR po teme: «Organizatsiya i provedeniya ekspeditsii ekologicheskogo monitoringa ozera Baykal»* [Research report on the topic: "Organization and conduct of the ecological monitoring expedition of Lake Baikal"], IPEE RAS, Moscow, Russia, 96 p.

Klimaticheskaya doktrina Rossiyskoy Federatsii [Climate Doctrine of the Russian Federation] (2009) Approved by Decree of the President of the Russian Federation of December 17, 2009 no. 861-rp.

Kozhevnikov, Ye.Ye., Flegontov, A.A. (2021) Otsenka kumulyativnogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu ot stroitel'stva i ekspluatatsii plotin [Assessment of the cumulative environmental impact from the construction and operation of dams], *Okhrana okruzhayushchey sredy i ratsional'noye ispol'zovaniye prirodnikh resursov*, [Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources], pp. 134-136.

Lipka, O.N., Andreeva, A.P. (2022) Metodika otkrytykh prirodookhrannykh standartov dlya otsenki kumulyativnogo vozdeystviya [Open Standards for the Practice of Conservation Methodology for Cumulative Impact Assessment], *EMME*, no. 1-2, pp. 64-89.

Nauchno-prikladnoy spravochnik: Osnovnyye gidrologicheskiye kharakteristiki ozer Rossiyskoy Federatsii i ikh mnogoletniye izmeneniya [Scientific and Applied Handbook: Main hydrological characteristics of the lakes of the Russian Federation and their long-term changes] (2021). Edited by V.Yu. Georgievsky. OOO "RIAL", St. Petersburg, Russia, 49 p.

Natsional'nyy plan meropriyatiy pervogo etapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2022 goda [National action plan for the first stage of adaptation to climate change for the period up to 2022] (2019) Approved by the Government of the Russian Federation: Decree of December 25, 2019, no. 3183-r.

Otsenochnyy doklad ob izmeneniyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii [Assessment report on climate change in the territory of the Russian Federation] (2008) Volume 1. Climate change, M., Roshydromet, 228 p. Volume 2. Consequences of climate change. Roshydromet, Moscow, Russia, 288 p.

Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii 27.04.2021 g. № 654 «O maksimal'nykh i minimal'nykh znacheniyakh urovnya vody v ozere Baykal v 2021 godu» [Decree of the Government of the Russian Federation dated April 27, 2021, no. 654 "On the maximum and minimum values of the water level in Lake Baikal in 2021"] (2021).

Potemkina, T.G., Potemkin, V.L., Fedotov, A.P. (2018) Klimaticheskiye faktory kak riski sovremennykh ekologicheskikh izmeneniy v beregovoy zone ozera Baykal [Climatic factors as risks of modern environmental changes in the coastal zone of Lake Baikal], *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], vol. 59, no. 5, p. 690-702.

Potemkina, T.G., Yaroslavtsev, N.A., Petrov, V.A. (2008) Sovremennyye potoki nanosov u ostrova Yarki (Severnyy Baykal) [Modern sediment flows near Yarki Island (Northern Baikal)], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], no. 8, pp. 113-114.

Prikaz Federal'nogo agentstva vodnykh resursov 5 avgusta 2011 goda № 195 «Ob utverzhdeni sostavai Reglamenta Mezhhvedomstvennoy rabochey gruppy po regulirovaniyu rezhimov raboty vodokhranilishch Angaro-Yeniseyskogo kaskadai Severnykh GES, urovnya vody ozera Baykal» [Order of the Federal Agency for Water Resources dated August 5, 2011, No. 195 "On Approval of the Composition and Regulations of the Interdepartmental Working Group on Regulating the Operating Modes of the Reservoirs of the Angara-Yenisei Cascade and Northern Hydroelectric Power Plants, the Water Level of Lake Baikal"] (2011).

Roshydromet (2019) *Monitoring navodneniya v Irkutskoy oblasti* [Flood monitoring in the Irkutsk region]. Research Center "Planet". Available at: <http://www.meteorf.ru/press/news/19528/> (accessed 02 March 2022).

Rosleskhoz (2020) *Ob'yem zagotovlennoy drevesiny po itogam 2019 g.* [The volume of harvested wood at the end of 2019]. Available at: <http://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-WoodVolume> (accessed 02 March 2022).

SanPiN 2.1.5.980-00 (2000) *Gigiyenicheskiye trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod* [Hygienic requirements for the protection of surface waters]. Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia.

Strategiya sokhraneniya bioraznoobraziya ekosistemy ozera Baykal [Strategy for Biodiversity Conservation of the Lake Baikal Ecosystem] (2000) Approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on 06/15/2001, the administration of the Irkutsk region on 11/01/2000, the administration of the Chita region on 11/01/2000, the government of the Republic of Buryatia on 11/01/2000, 77 p.

Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'yektov basseynov rekyuzhnoy chasti oz. Baykal [Scheme of the integrated use and protection of

water bodies in the river basins of the southern part of the lake. Baikal] (2014) Approved by order of the Yenisei BVU dated June 21, 2014, no. 99.

Skhema kompleksnogo ispol'zovaniyai okhrany vodnykh ob'yekt ov basseyna r. Selenga [Scheme of integrated use and protection of water bodies in Selenga river basin] (2014) Approved by order of the Yenisei BVU dated June 24, 2014, no. 100.

Tomberg, I.V., Sakirko, M.V., Onischuk, N.A., Timoshkin, O.A. (2016) *Antropogennoye evtrofirovaniye litorali oz. Baykal* [Anthropogenic eutrophication of the littoral of lake Baikal], *Ozernyye ekosistemy: biologicheskiye protsessy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody: materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii 12–17 sentyabrya 2016 g., Minsk – Naroch'* [Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation, Water Quality: Proceedings of the V International Scientific Conference September 12–17, 2016, Minsk-Naroch]. Comp. and general ed. T.M. Mikheev. Belarusian State University, Minsk, Belarus, p. 110-111.

Ufimtsev, G.F., Shchetnikov, A.A. (2006) Teklirekiiz Baykala [Rivers flowed from Baikal], *Priroda* [Nature], no. 6 (1090), pp. 49-54.

Federal'nyy zakon «Ob okhrane ozera Baykal» ot 01.05.1999 N 94-FZ [Federal Law "On the Protection of Lake Baikal" dated May 1, 1999, no. 94-FZ] (1999).

Federal'nyy proyekt «Sokhraneniye ozera Baykal» [Federal project "Preservation of Lake Baikal"] (2018) Included into the number of Federal projects within the framework of the National Project "Ecology", clause 4.6. Implementation period: 2019-2024].

Ekologicheskiy atlas basseyna ozera Baykal [Ecological Atlas of the Baikal Basin] (2015) Publishing House of the Institute of Geography. V.B. Sochavy SB RAS, Irkutsk, Russia, 145 p.

Bidwell, V.J., Good J.M. (2007) Development of the AquiferSim model of cumulative effect on groundwater of nitrate discharge from heterogeneous land use over large regions. In *MODSIM 2007 International congress on modelling and simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand* (pp. 1617-1622).

Borglykke, A., Grarup, N., Sparsø, T., Linneberg, A., Fenger, M., Jeppesen, J., Hansen, T., Pedersen, O., Jørgensen, T. (2012) *Genetic Variant SCL2A2 Is Associated with Risk of Cardiovascular Disease—Assessing the Individual and Cumulative Effect of 46 Type 2 Diabetes Related Genetic Variants*. PLoS One, 7(11), e50418.

Brown, K.P., Gerber, A., Bedulina, D., Timofeyev, M.A. (2021) Human impact and ecosystemic health at Lake Baikal, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, p. e1528, doi: 10.1002/wat2.1528.

Bychkov, I.V., Maksimova, I.I., Kuznetsova, A.N. (2015) Institutional support of the implementation of system approach to monitoring the unique system

of Lake Baikal, *Geography and Natural Resources*, 4, 43-52. doi:10.1134/S1875372815040058.

Fedorova, E., Pongrácz, E. (2019) Cumulative social effect assessment framework to evaluate the accumulation of social sustainability benefits of regional bioenergy value chains, *Renewable Energy*, 131, 1073-1088.

Goebert, D., Nahulu, L., Hishinuma, E., Bell, C., Yuen, N., Carlton, B., Andrade, N., Miyamoto, R., Johnson, R. (2000) Cumulative effect of family environment on psychiatric symptomatology among multiethnic adolescents, *Journal of Adolescent Health*, 27(1), 34-42.

Judd, A.D., Backhaus, T., Goodsir, F. (2015) An effective set of principles for practical implementation of marine cumulative effects assessment, *Environmental Science & Policy*, 54, 254-262.

Ospan, A.K. (2021) *A cumulative effect assessment using scenario analysis methodology to assess future Cowichan River Chinook and Coho salmon survival*. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Geography, University of Victoria, 154 p.

Quach, J., Nguyen, C., O'Connor, M., Wake, M. (2017) The cumulative effect of health adversities on children's later academic achievement, *Academic Pediatrics*, 17(7), 706-714.

Shi, X., Wang, T., Chen, K., Cao, X., He, D., Xu, Z., Deng, J. (2021) *Reliability analysis and cumulative impact assessment of forest ecosystem services: a case study of Jilin Province, China*. *IEEE Access*, 9, 59160-59170.

Spaling, H. (1994) Cumulative Effects Assessment: Concepts and Principles, *Impact Assessment*, 12(3), 231-251, doi: 10.1080/07349165.1994.9725865.

UNESCO (1997) *World Heritage Committee. Twentieth session*, Merida, Mexico, 2-7 December 1996. WHC-96/CONF.201/21, 10 March 1997. Электронный ресурс. URL: <https://whc.unesco.org/archive/repcom96.htm> (дата обращения 02 марта 2022).

UNESCO (2021) *Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage*. WHC/21/44.COM/18 16-31 July 2021. Электронный ресурс. URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/44COM/documents> (дата обращения 02 марта 2022).

Wei, X., He, W., Zhou, Y., Ju, W., Xiao, J., Li, X., Liue, Y., Xua, Sh., Bia, W., Zhanga, X., Cheng, N. (2022) Global assessment of lagged and cumulative effects of drought on grassland gross primary production, *Ecological Indicators*, 136, 108646.

Xu, Y., Peng, H., Yang, Y., Zhang, W., & Wang, S. (2014). A cumulative eutrophication risk evaluation method based on a bioaccumulation model, *Ecological modelling*, 289, pp. 77-85.

Yang, W., Mu, Y., Zhang, W., Wang, W., Liu, J., Peng, J., Liu, X., He, T. (2022) Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine, *Remote Sensing*, 14(17), 4381.

Yun-jia, W., Da-chao, Z., Da-jun, L., Yong-feng, L., Xing-feng, W. (2009) Environment cumulative effects of coal exploitation and its assessment, *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1072-1080.

Статья поступила в редакцию (Received): 03.03.2022.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 04.10.2022.

Для цитирования / For citation

Липка, О.Н., Жданова, А.П., Куклина, С.Л., Мальнев, А.В., Шейнфельд, С.А. (2022) Оценка кумулятивного воздействия и ранжирование эколого-социальных угроз для Байкальской природной территории, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXIII, № 3-4, с. 81-115, doi: 10.21513/0207-2564-2022-3-4-81-115.

Lipka, O.N., Zhdanova, A.P., Kuklina, S.L, Malnev, A.V., Sheinfeld, S.A. (2022) Assessment of the cumulative impact and ranking of environmental and social threats for the Baikal natural territory, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, vol. XXXIII, no. 3-4, pp. 81-115, doi: 10.21513/0207-2564-2022-3-4-81-115.