

Взаимосвязь наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик на примере водно-коммунального предприятия

И.О. Тихонова¹⁾, Е.С. Пантелеев²⁾, Ю.Н. Бурвикова³⁾, В.В. Морокишко³⁾*

¹⁾ Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
Российская Федерация, 125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

²⁾ Управление архитектуры и градостроительства г. Пятигорска,
Российская Федерация, 357535, Ставропольский край, г. Пятигорск, площадь Ленина, д. 2

³⁾ Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Российская Федерация, 141006, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 42

* Адрес для переписки: *u.burvikova@eipc.center*

Реферат. Концепция наилучших доступных технологий, развивающаяся в различных странах мира с 1970-х гг., является основой повышения ресурсной и экологической эффективности экономики. В Российской Федерации, как и в ряде других государств, внедрение наилучших доступных технологий и достижение официально установленных технологических показателей выступает обязательным условием при выдаче комплексных экологических разрешений. В России концепция наилучших доступных технологий используется вместе с концепцией наилучших экологических практик, применяемой для продвижения добровольной экологической деятельности и развития сотрудничества различных заинтересованных сторон в области охраны окружающей среды. Одной из отраслей, которая в России отнесена к областям применения наилучших доступных технологий, является очистка коммунальных сточных вод. С 2019 г. в качестве исходных условий для эколого-технологической модернизации существующих объектов водно-коммунального хозяйства используются технологические показатели, установленные в российском информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям очистки коммунальных сточных вод. Подобного справочника нет ни в одной стране мира; разработавшие его российские специалисты являются членами экспертного сообщества по наилучшим доступным технологиям. В настоящее время они участвуют в экспертной оценке программ эколого-технологической модернизации объектов водно-коммунального хозяйства и выполняют ситуационные исследования в различных регионах Российской Федерации. Опыт, накопленный в 2019-2022 гг., позволяет заключить, что одновременная реализация проектов модернизации объектов водно-коммунального хозяйства и вовлечение местных сообществ в проекты, направленные на благоустройство прибрежной зоны принимающих водных объектов, открывают новые возможности для сохранения и восстановления экосистемных услуг. В качестве примера для доказательства этого тезиса рассмотрена р. Подкумок, протекающая через курортную зону Кавказ-

ских Минеральных Вод. В статье анализируется разработанная «Кавминводо-канал» программа повышения экологической эффективности как отправная точка развития общественного диалога в сфере восстановления экосистемных услуг долины р. Подкумок и даются практические рекомендации.

Ключевые слова. Наилучшие доступные технологии, наилучшие экологические практики, очистные сооружения, технологическая модернизация, экологическая эффективность, экологический каркас, река.

The interrelated ness of best available techniques and best environmental practices: a case of municipal wastewater treatment plant

I.O. Tikhonova¹⁾, E.S. Panteleev²⁾, U.N. Burvikova³⁾, V.V. Morokishko³⁾*

¹⁾Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
9, Miusskaya square, 125047, Moscow, Russian Federation

²⁾Department of Architecture and Urban Planning of Pyatigorsk,
2, Lenina square, 357535, Pyatigorsk, Stavropol Krai, Russian Federation

³⁾Research Institute “Environmental Industrial Policy Centre”,
42, Olimpijsky prospect, 141006, Mytishchi, Moscow region, Russian Federation

*Corresponding author: *u.burvikova@eipc.center*

Abstract. The concept of Best Available Techniques, which has been developing internationally since the 1970s, is a basis for the enhancement of resource efficiency and environmental performance of economy. In the Russian Federation, as well as in many other countries, BAT implementation and compliance with officially approved Emission Limit Values Associated with Best Available Techniques, plays the of the obligatory requirement for obtaining Integrated Environmental Permits. In Russia, the concept of Best Available Techniques is used along with the concept of Best Environmental Practices for promoting voluntary environmental actions and developing collaboration between various stakeholders in the field of environmental protection. Municipal wastewater treatment is one of the sectors obliged to implement Best Available Techniques. In 2019, initial requirements for the environmental and technological modernisation of Municipal Wastewater Treatment Plants were set in the Russian Reference Document on Best Available Techniques of Municipal Wastewater Treatment as sectoral technological parameters or Emission Limit Values Associated with Best Available Techniques. This Reference Document is unique, and there is nothing like that in any other country. Specialists who drew up the Reference Document are members of the Expert Society for Best Available Techniques Nowa days they take part in the assessment of programmes aimed at the environmental and technological modernization of Municipal Wastewater Treatment Plants and run research projects in various regions of the Russian Federation. Experience gained in 2019-2022, allows to conclude that simultaneous implementation of modernisation protects of Municipal Wastewater Treatment

Plants, and actions of local communities aimed at the improvements of river banks and lake shores receiving treated waters, opens new opportunities for conserving and improving ecosystem services. The case of the Podkumok river flowing through the Caucasus Spa Resort area is considered. The article analyses the Environmental Performance Enhancement Programme of the Caucasus Spa Resort Municipal Wastewater Treatment Plant as the starting point for developing public dialogue in the field of restoring ecosystem services of the Podkumok river adjoining area, and offers related practical recommendations.

Keywords. Best Available Techniques, Best Environmental Practices, wastewater treatment plants, technological modernisation, environmental performance, ecological framework, river.

Введение

Концепция наилучших доступных технологий (НДТ) уже более 50 лет широко применяется во всем мире в качестве основы для повышения экологической и ресурсной эффективности ключевых отраслей промышленности (Скобелев и др., 2018). Наряду с «классическим» европейским подходом, ориентированным на применение НДТ исключительно для выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР) (Скобелев и др., 2018), НДТ также применяется как условие выполнения требований различных международных конвенций, стандартов и др., не связанных с КЭР (Skobelev, 2019). В большинстве нормативно-правовых актов НДТ по-прежнему носит обязательный характер. В то же время, наилучшие экологические практики (НЭП), также называемые лучшими практиками экологического менеджмента, часто рассматриваются как добровольная деятельность, позволяющая достичь более высоких экологических показателей и расширить зону ответственности промышленных предприятий (Paton, 2000).

Причина того, что критерии экологического, социального и корпоративного управления (ESG) занимают все более значимую позицию в различных странах и регионах, заключается в том, что различные подходы, позволяющие выйти за рамки «простого соответствия», привлекают внимание промышленности, инвесторов и научного сообщества (Tikhonova et al., 2021). При этом четко определенные критерии НДТ часто недооцениваются, а такие термины, как «экологически чистые» или даже «зеленые», продолжают использоваться в качестве характеристик технологий, услуг или продуктов, без какой-либо количественной оценки (Almgren, Skobelev, 2020).

Авторами рассмотрена взаимосвязь обязательной программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ) водоканала, базирующейся на НДТ, и добровольных инициатив заинтересованных сторон, основанных на НЭП. Данное ситуационное исследование довольно специфично, так как в его ходе анализируется территория курортной зоны Кавказских Минеральных вод. В то же время, этот случай является типичным, поскольку продемонстрированная взаимосвязь между НДТ и НЭП может быть реализована в любом другом регионе.

Методы и материалы

Для изучения взаимосвязи НДТ и НЭП использовались методы анализа и синтеза, применяемые в экологических исследованиях. Такое сочетание аналитических методов позволило реализовать системный подход к наилучшим доступным технологиям и экологическим практикам. Наилучшие доступные технологии определены в особых документах национальной системы стандартизации – информационно-технических справочниках (Информационно..., 2019), (<https://burondt.ru>); более того, численные показатели НДТ утверждены соответствующими постановлениями Правительства и приказами Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. НЭП по сути своей добровольны, их подготовка и практическое применение требуют сотрудничества основных заинтересованных сторон и должны основываться на четких (предпочтительно количественных) критериях. В данной статье учтены требования НДТ и НЭП, полученные результаты рассматриваются и анализируются с целью определения практических рекомендаций, направленных на построение общественного диалога, улучшение природоохранной практики и развитие сотрудничества основных заинтересованных сторон.

Результаты и обсуждение

Кавказские Минеральные Воды – один из старейших курортов России, часть его, расположенная в Ставропольском крае, включает города Георгиевск, Минеральные Воды, Железноводск, Пятигорск, Ессентуки, Кисловодск, Лермонтов.

Кавминводские очистные сооружения канализации (ОСК) были введены в эксплуатацию в 1986 г. и рассчитаны на прием и очистку хозяйственно-бытовых и производственных стоков, поступающих от городов Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск и близлежащих районов.

Приемником очищенных сточных вод является естественный водоток – р. Подкумок. Река берет начало с горы Гум-Баши и впадает в р. Куму около с. Краснокумского Георгиевского района Ставропольского края. Верховье реки находится в отрогах Скалистого хребта, сильно расчленено глубокими долинами и балками и изобилует выходами родников. Подкумок – река предгорного типа, ее основным питанием являются сезонные осадки и местный сток. Водный режим реки обусловлен характером выпадения осадков и их внутригодовым распределением; типичным является весенне-летнее половодье с накладывающимися на него дождевыми паводками; оно начинается в марте и заканчивается в июле; межень зимняя, низкая. Наивысшие расходы воды отмечаются в мае-июле. Подъем уровня воды в паводок стремительный (в течение 1 дня, при катастрофических паводках – несколько часов), спад уровней занимает 1-2 дня. В отдельные годы отмечались осенние паводки (ноябрь), расходы которых являлись наивысшими годовыми. Среднее многолетнее колебание уровней воды составляет примерно 1 м (Вода России, 2015).

Протекая через г. Пятигорск, р. Подкумок выступает естественной границей между северной (санаторно-курортной) и южной частями города (рис. 1, 2).



Рисунок 1. Река Подкумок в среднем течении в границах Пятигорска

Figure 1. The Podkumok river middle course in the City of Pyatigorsk



Рисунок 2. Река Подкумок в районе водовыпуска ОСК

Figure 2. The Podkumok river in the area of MWWTP drainage outlet

Существующие ОСК требуют замены части оборудования, изношенного за счет длительного срока службы. Сточные воды, поступающие на ОСК, являются среднезагрязненными, поскольку отношение $BPK_{\text{полн}} / ХПК$ не превышает 0.5; т. е. содержание в них сложноокисляемых веществ не превышает допустимый предел для биологической очистки, а содержание биологически разлагаемых веществ близко к максимальному для удовлетворительного прохождения биологической очистки. В очищенных водах наблюдается повышенное содержание жиров, хлоридов, сульфатов, железа, азота аммонийного, фосфора, качество очистки сточных вод на сбросе в р. Подкумок (рис. 3) на момент разработки проекта программы повышения экологической эффективности не соответствовало требованиям нормативов (Реконструкция..., 2021).

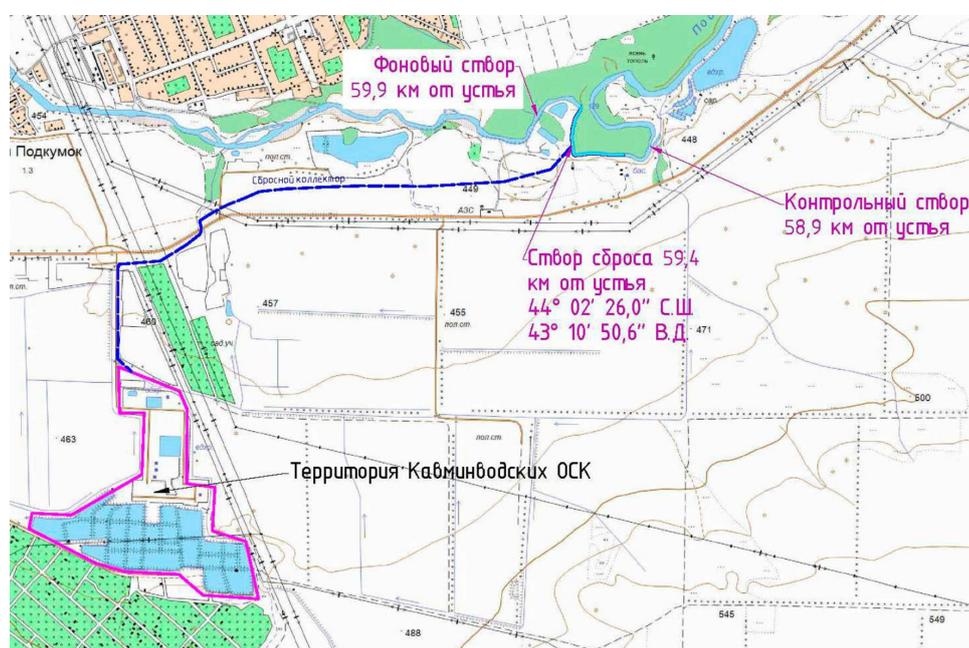


Рисунок 3. Ситуационная схема участка размещения очистных сооружений

Figure 3. Schematic map of the Municipal Wastewater Treatment Plant location

В соответствии с законодательством о технологическом нормировании и Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ФЗ..., 2002), централизованные системы водоотведения (водоканалы) должны обеспечить соблюдение технологических показателей, установленных ИТС 10 (ИТС 10-2019).

В 2021 г. Кабминводскими ОСК была разработана ППЭЭ, направленная на снижение сбросов соединений фосфора и азота, одновременно с увеличением производительности очистных сооружений до 250 тыс. м³/сутки⁻¹ – с учетом перспективы развития курортного региона Кабминвод и роста численности отдыхающих (Реконструкция..., 2021).

Согласно ППЭЭ реконструкция ОСК предусматривает замену изношенного оборудования и добавление в технологическую схему дополнительного набора новых сооружений для повышения степени очистки воды и оптимизации обработки иловых осадков.

Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадков предусматривает стадии, представленные на рис. 4.



Рисунок 4. Блок-схема реконструируемых очистных сооружений

Figure 4. Schematic diagram of the Municipal Wastewater Treatment Plant being modernized

Поскольку и количество, и качество поступающих на очистку сточных вод может существенно измениться за время реализации ППЭЭ (7 лет, в соответствии с требованиями законодательства) и в течение последующей эксплуатации очистных сооружений, разработана достаточно гибкая технологическая схема их работы. В зависимости от ситуации эксплуатационный персонал имеет возможность изменять технологические параметры процессов очистки сточных вод и обработки осадков, обеспечивая необходимые результаты при минимально возможных затратах всех видов ресурсов.

Проектными решениями принята аэробная стабилизация осадка с последующим обезвоживанием и дальнейшим буртовым компостированием с целью подготовки осадков к дальнейшему использованию в качестве органического удобрения.

Удельные сбросы биогенных веществ предполагается снизить следующим образом: P (PO_4) – на 30 %, N (NO_3) – на 46.5 %. Ожидается, что реализация ППЭЭ обеспечит соответствие Кавминводских ОСК требованиям наилучших доступных технологий и приведет к снижению предусмотренной нагрузки на окружающую среду (табл. 1).

Предполагается, что в результате выполнения ППЭЭ качество очищенных сточных вод улучшится: концентрации сухого остатка снизятся почти в 1.2 раза, нитрат-иона – в 1.5 раза, фосфатов (по P) – в 26 раз, нефтепродуктов – почти в 1.3 раза (Реконструкция..., 2021).

Предметом особого интереса является возможность использования факторов реализации ППЭЭ для поддержки инициатив местных заинтересованных сторон, основанных на НЭП.

Таблица 1. Основные ожидаемые результаты после реализации ППЭЭ Кавминводских ОСК
Table 1. Mainplanned results of the EPEP implementation forthe Caucasus Spa Resort MWWTP

Параметр	Фактические концентрации в очищенных сточных водах, мгдм ⁻³	Технологические нормативы согласно ИТС НДТ 10-2019, мгдм ⁻³	Планируемое снижение сбросов биогенных веществ, т год ⁻¹
N(NO ₃)	12.84	9.0	1.25
P(PO ₄)	1.31	0.7	20.04

Природоприближенные решения (Nature-based Solutions, NBS) определяются Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП) как действия по защите, устойчивому управлению и восстановлению экосистем, в том числе направленные на решение социальных проблем, обеспечивая благополучие человека и поддержание биоразнообразия (IUCN 2020; Cohen-Shacham et al., 2016). В контексте данной статьи авторы рассматривают природоприближенные решения как наилучшие экологические практики (НЭП).

Концепция НЭП возникла как альтернатива традиционным инженерным решениям, и ее следует рассматривать как «зонтик», который охватывает целый спектр подходов из различных сфер, объединенных общим вниманием к экосистемным услугам и нацеленных на решение также социальных проблем. Эти подходы можно разделить на:

- подходы к восстановлению экосистем (например, к восстановлению лесных ландшафтов);
- экосистемные подходы к решению конкретных проблем (например, проблем адаптации к изменению климата, задач смягчения последствий и риска стихийных бедствий);
- инфраструктурные подходы (например, зеленые инфраструктурные подходы);
- экосистемные подходы к управлению (например, интегрированное управление особо охраняемыми природными территориями или водными ресурсами).

Все НЭП в соответствии с рекомендациями МСОП (IUCN 2020) предлагается классифицировать на 3 типа:

Тип 1: решения, предполагающие лучшее использование существующих природных или охраняемых экосистем;

Тип 2: решения, основанные на совершенствовании принципов устойчивого развития и процедур по управлению или восстановлению экосистем;

Тип 3: решения, предполагающие создание новых экосистем (например, создание «зеленых» зданий – зеленые крыши).

Создание зеленого каркаса территории или экологического каркаса, который бы функционировал как единая система и тем самым обеспечивал среду для нормального функционирования геосистем, поддержания межгеосистемных связей, сохранения биоразнообразия и поддержания экологиче-

ски обоснованных систем природопользования следует рассматривать как проявление интегрированного управления, отвечающего целям устойчивого развития.

В Пятигорске основной задачей в улучшении экологической обстановки является формирование на территории города экологического каркаса, включающего зеленые насаждения, водные объекты, санитарно-защитные и водоохранные зоны, сельхозугодия и другие природно-территориальные элементы. На уровне города здесь преобладают средообразующая, средозащитная и рекреационная функции экологического каркаса (Berthet et al., 2022; Vöck et al., 2018).

Наличие линейных элементов, связующих базовые резерваты, – одно из основных условий функциональности экологического каркаса. Структура речной сети обеспечивает канализированное перемещение живых организмов, играет значимую роль в экологической инфраструктуре региона и одновременно поддерживает неоднородность и дискретность, разграничивая речные долины барьерами. Выполнение речной сетью экологической функции особенно эффективно, если через нее обеспечивается контакт с малонарушенными территориями за пределами города. Этим обеспечивается непрерывность живого покрова, поддержание разнообразия и возможность обмена компонентами природных и урбанизированных территорий. Реки с долинами в этом случае выполняют роль экологических коридоров, поддерживающих целостность биосферы на локальном или региональном уровне. Это положение соответствует основным принципам восстановления рек, опубликованным международными группами исследователей (Polvi et al., 2020; Yeakley et al., 2016).

Рассматривая экологическую роль речной сети в городе, можно выделить три приоритетных направления в ее использовании (рис. 5).

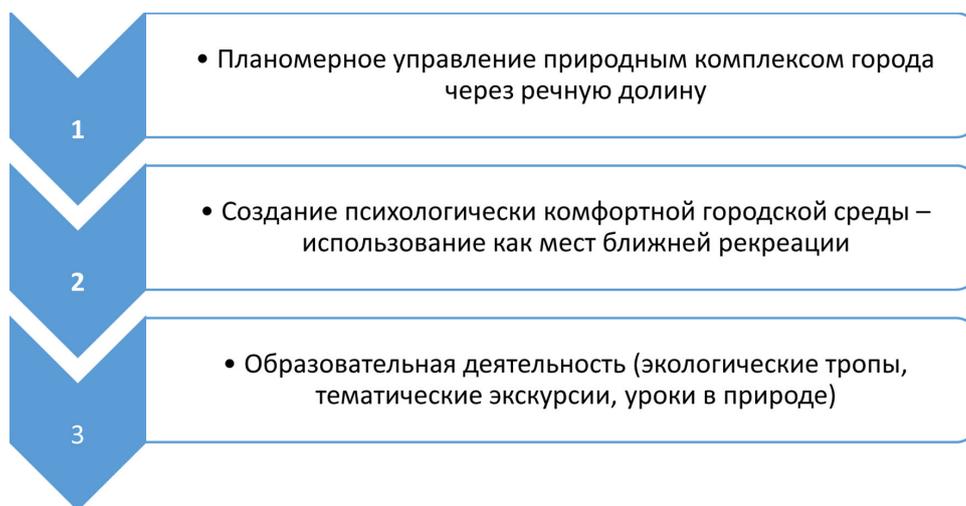


Рисунок 5. Приоритетные направления использования речной сети в городе

Figure 5. Priority aspects of using the urban river network

В качестве ядра экологического каркаса г. Пятигорска предлагается принять особо охраняемую природную территорию – памятник природы краевого значения «Гора Машук», при этом в качестве узлов могут быть использованы существующие малонарушенные зеленые территории, которые соединяются линейным элементом – экологическим коридором – р. Подкумок (рис. 6).

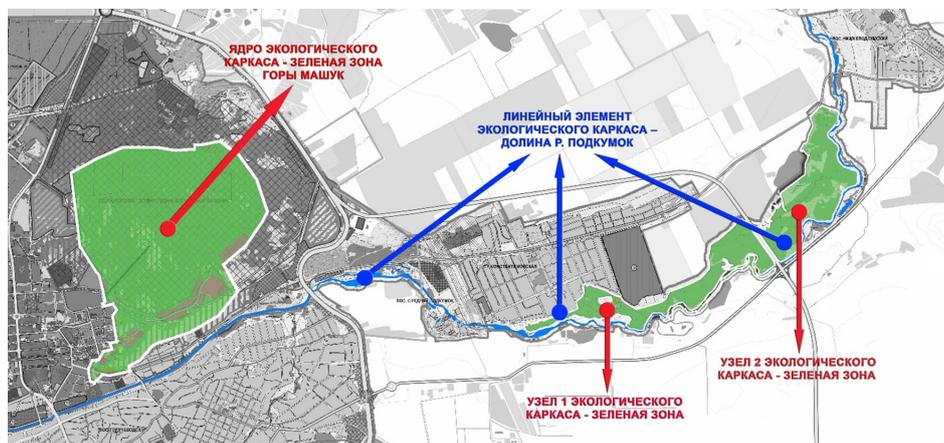


Рисунок 6. Предлагаемая схема экологического каркаса г. Пятигорска

Figure 6. Suggested scheme of the ecological network for the City of Pyatigorsk

Формирование экологического каркаса оказывает благоприятное воздействие и на население за счет улучшения экологического состояния города и прилегающих станиц, повышения уровня их благоустройства и обеспечения потребности населения в местах рекреации. Поэтому в процессе реализации ППЭЭ водоканала может быть дополнительно подготовлен социально-образовательный проект по созданию экологического каркаса р. Подкумок совместно с заинтересованными сторонами – Администрацией г. Пятигорска, Пятигорским государственным университетом и местными школами.

На сегодняшний день на основе первых полевых исследований и обсуждений с соответствующими местными заинтересованными сторонами можно предложить три приоритетных направления формирования речной сети в г. Пятигорске, а именно:

- 1) управление Пятигорским природным комплексом должно быть сосредоточено в долине реки Подкумок;
- 2) следует предусмотреть формирование психологически комфортной городской среды с привлекательными рекреационными объектами, расположенными в непосредственной близости от города;
- 3) необходимо уделить внимание развитию воспитательно-просветительской деятельности (созданию экологических троп, тематических экскурсий, организации выездных занятий и др.).

Такой проект обязательно должен включать проведение пилотных акций, касающихся только одного (или нескольких) выбранных мест в долине

р. Подкумок, например, изменение характера отрезка берега реки (длиной от нескольких десятков до сотен м), либо обустройство 1-2 га фрагмента речной долины и включающих:

- совместное планирование с обязательным участием местных жителей,
- разработку технического проекта,
- поиск инвестирования,
- мониторинг результатов,
- подготовку и опубликование практических рекомендаций.

Такая деятельность будет являться практической реализацией принципа 10 Декларации по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро): «Экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан» (Доклад ООН, 1992).

Первую экологическую тропу, расположенную в черте г. Пятигорска (в станице Константиновской), могли бы спроектировать совместными усилиями Пятигорский государственный университет и средняя школа, расположенная в станице. Поэтапная разработка инициативы должна быть организована в тесном взаимодействии с Администрацией г. Пятигорска, местными образовательными учреждениями и экологическими общественными организациями в соответствии с требованиями действующего законодательства. Это зеленое ситуационное исследование – первый шаг в доказательстве преимуществ, которые могут быть получены в результате маломасштабных (и малозатратных) мероприятий, направленных на формирование устойчивого экологического каркаса г. Пятигорска.

Выводы

Взаимосвязь наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик проанализирована на примере г. Пятигорска. Показано, что модернизация очистных сооружений в соответствии с программой повышения экологической эффективности создает необходимый стимул для развития общественного диалога, направленного на создание экологического каркаса, обеспечивающего поддержание экосистемных услуг р. Подкумок. При этом реализация программы повышения экологической эффективности приведет к снижению экологической нагрузки на р. Подкумок.

Предварительные оценки позволяют предложить сформировать экологический каркас для управления уникальным природным комплексом курортной зоны г. Пятигорска, создать сеть маломасштабных рекреационных зон в долине р. Подкумок, усилить взаимодействие средних учебных заведений, Пятигорского государственного университета и местных экологических общественных организаций.

Реализация такого экономико-социального проекта по р. Подкумок будет способствовать улучшению состояния приречных территорий и г. Пятигорска в целом и создаст условия для формирования дополнительных экосистемных услуг для местных жителей и многочисленных туристов, посещающих район Кавказских Минеральных Вод.

Список литературы

Вода России, научно-популярная энциклопедия (2015) Москва, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 703 с.

Доклад ООН (1992) *Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию*, CONF. 151, PC, WG. III, L. 33, Rev. 1., текст документа сверен по: «Действующее международное право» в 3 т., Т. 3 (1996), Москва, МНИМП.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям 10-2019 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов (2019). Электронный ресурс. URL: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html> (дата обращения 24.08.2022).

Реконструкция очистных сооружений канализации региона КМВ с увеличением производительности с 170 тыс. м³сут⁻¹ до 250 тыс. м³сут⁻¹ (2021). Электронный ресурс. URL: http://www.skvk.ru/filial/kavminvodskiy/pressroom/news/6875/?ELEMENT_ID=6875&special_version=Y (дата обращения 24.08.2022).

Скобелев, Д.О., Гусева, Т.В., Чечеватова, О.Ю., Санжаровский, А.Ю., Щелчков, К.А., Бегак, М.В. (2018) *Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации*, второе издание, переработанное и дополненное, Москва, Издательство «Перо», 114 с.

ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 24.08.2022).

Almgren, R., Skobelev, D. (2020) Evolution of Technology and Technology Governance, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 6(2), no. 22, DOI: 10.3390/joitmc6020022.

Berthet, E.T., Bretagnolle, V., Gaba, S. (2022) Place-Based Social-Ecological Research Is Crucial for Designing Collective Management of Ecosystem Services, *Ecosystem Services*, vol. 55, pp. 1-11, DOI: 10.1016/j.ecoser.2022.101426.

Böck, K., Polt, R., Schülting, L. (2018) Ecosystem Services in River Landscapes, *River in Ecosystem Management*, pp. 413-433, DOI: 10.1007/978-3-319-73250-3_21.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (2016) *Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges*, Gland: IUCN. xiii, 97 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.

IUCN (2020) *Global Standard for NBS, International Union for Conservation of Nature*, Электронный ресурс. URL: <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions/resources/iucn-global-standard-nbs> (дата обращения 24.08.2022).

Paton, B. (2000) Voluntary Environmental Initiatives and Sustainable Industry, *Business Strategy and the Environment*, Wiley Blackwell, vol. 9 (5), pp. 328-338, DOI: 10.1002/1099-0836(200009/10)9:53.0.CO; 2-Z.

Polvi, L.E., Lind, L., Persson, H., Miranda-Melo, A., Pilotto, F., Su X., Nilsson, C. (2020) Facets and scales in river restoration: Nestedness and interdependence of hydrological, geomorphic, ecological, and biogeochemical processes, *Journal of Environmental Management*, vol. 265, paper 110288, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110288.

Skobelev, D. (2019) Environmental Industrial Policy in Russia: Economic, Resource Efficiency and Environmental Aspects, *Proc. of the 19th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM, Bulgaria*, vol. 19, is. 5.3, pp. 291-298. DOI:10.38050/01300105201946.

Tikhonova, I., Guseva, T., Averochkin, E., Shchelchikov, K. (2021) Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration between Industries and Regions, *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, vol. 8, no. 2, pp. 495-505.

Yeakley, A.J., Ervin, D., Chang, H., Granek, F.E., Dujon, V., Shandas, V., Brown, D. (2016) *Ecosystem Services of Streams and Rivers*, River Ecosystems, Research and Management for the 21st Century, ch. 17, pp 335-352, DOI: 10.1002/9781118643525.ch17.

References

Voda Rossii, nauchno-populyarnaya enciklopediya (2015) [Water of Russia, a popular science encyclopedia], Ministerstvo prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii, Moscow, Russia, 703 p.

Doklad OON (1992) *Deklaraciya Rio-de-Zhanejro po okruzhayushche jsrede I razvitiyu*, [Rio Declaration on Environment and Development] A.CONF. 151, PC, WG. III, L. 33, Rev. 1., tekst dokumenta sveren po: «Dejstvuyushche mezhdunarodnoe pravo» [in accordance with «Current international law»] vol. 3, (1996), Moscow, Russia.

Informacionno-tehnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam 10-2019 Ochistka stochnyh vod s ispol'zovaniem centralizovannyh system vodootvedeniya poselenij, gorodskih okrugov [Information and technical handbook on best available technologies 10-2019 Wastewater treatment using centralized water disposal systems of settlements, urban districts] (2019). Available at. URL: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html> (accessed 24.08.2022).

Rekonstrukciya ochistnyh sooruzhenij kanalizacii regiona KMV s uvelicheniem proizvoditel'nosti s 170 tys. m3sut-1 do 250 tys. m3sut-1 (2021) [Reconstruction of sewage treatment plants in the CMS region with an increase in productivity from 170 thousand m3 day-1 to 250 thousand m3 day-1 (2021)]. Available at. URL: http://www.skvk.ru/filial/kavminvodskiy/pressroom/news/6875/?ELEMENT_ID=6875&special_version=Y (accessed 24.08.2022).

Skobelev, D.O., Guseva, T.V., Chechevatova, O.Yu., Sanzharovskij, A.Yu., Shchelchkov, K.A., Begak, M.V. (2018) *Sravnitel'nyj analiz procedur razrabotki, peresmotra I aktualizacii spravochnikov po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam v Evropejskom soyuze I Rossijskoj Federacii* [Comparative analysis of the procedures for developing, revising and updating BAT guides in the European Union and the Russian Federation], second edition, Moscow, Russian, 114 p.

FZ «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» ot 10.01.2002 № 7-FZ. [Federal Law "On Environmental Protection" dated 10.01.2002 No. 7-FZ.] Available at. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/(accessed 24.08.2022).

Almgren, R., Skobelev, D. (2020) Evolution of Technology and Technology Governance, *Journal of Open Innovation, Technology, Market, and Complexity*, vol. 6(2), no. 22, DOI: 10.3390/joitmc6020022.

Berthet, E.T., Bretagnolle, V., Gaba, S. (2022) Place-Based Social-Ecological Research Is Crucial for Designing Collective Management of Ecosystem Services, *Ecosystem Services*, vol. 55, pp. 1-11, DOI: 10.1016/j.ecoser.2022.101426.

Böck, K., Polt, R., Schülting, L. (2018) Ecosystem Services in River Landscapes, *Riverine Ecosystem Management*, pp 413-433, DOI: 10.1007/978-3-319-73250-3_21.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (2016) *Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges*, Gland: IUCN. xiii, 97 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.

IUCN (2020) *Global Standard for NBS, International Union for Conservation of Nature*, Available at: URL: <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions/resources/iucn-global-standard-nbs> (accessed 24.08.2022).

Paton, B. (2000) Voluntary Environmental Initiatives and Sustainable Industry, *Business Strategy and the Environment*, Wiley Blackwell, vol. 9 (5), pp. 328-338, DOI: 10.1002/1099-0836(200009/10)9:53.0.CO; 2-Z.

Polvi, L.E., Lind, L., Persson, H., Miranda-Melo, A., Pilotto, F., Su, X., Nilsson, C. (2020) Facets and scales in river restoration: Nestedness and interdependence of hydrological, geomorphic, ecological, and biogeochemical processes, *Journal of Environmental Management*, vol. 265, paper 110288, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110288.

Skobelev, D. (2019) Environmental Industrial Policy in Russia: Economic, Resource Efficiency and Environmental Aspects, *Proc. of the 19th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM, Bulgaria*, vol. 19, is. 5.3, pp. 291-298. DOI:10.38050/01300105201946.

Tikhonova, I., Guseva, T., Averochkin, E., Shchelchkov, K. (2021) Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration between Industries and Regions, *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, vol. 8, no. 2, pp. 495-505.

Yeakley, A.J., Ervin, D., Chang, H., Granek, F.E., Dujon, V., Shandas, V., Brown, D (2016) *Ecosystem Services of Streams and Rivers*, River Ecosystems, Research and Management for the 21st Century, ch. 17, pp 335-352, DOI: 10.1002/9781118643525.ch17.

Статья поступила в редакцию (Received): 12.09.2022.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 07.11.2022.

Для цитирования / For citation

Тихонова, И.О., Пантелеев, Е.С., Бурвикова, Ю.Н., Морокишко, В.В. (2022) Взаимосвязь наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик на примере водно-коммунального предприятия, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXIII, № 3-4, с. 159-173, doi: 10.21513/0207-2564-2022-3-4-159-173.

Tikhonova, I.O., Pantelev, E.S., Burvikova, U.N., Morokishko, V.V. (2022) The interrelated ness of best available techniques and best environmental practices: a case of municipal wastewater treatment plant, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, т. XXXIII, № 3-4, pp. 159-173, doi:10.21513/0207-2564-2022-3-4-159-173.

**Источники информации для оценки кумулятивного воздействия
и ранжирования эколого-социальных угроз
для Байкальской природной территории**

Базарова, Б.Б., Пронин, Н.М. (2006) Элодея канадская в Чивыркуйском заливе озера Байкал, *География и природ. ресурсы*, №. 1, с. 59-62.

Беркин, Н.С., Макаров, А.А., Русинек, О.Т. (2009) *Байкаловедение: учеб. пособие*, Иркутск: Изд-во Ирк. гос. ун-та, 291 с.

Бороденко, В.П. (2017) *Оценка состояния и использования ресурса кабарги в Иркутской области*, Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Современные проблемы охотоведения, с. 13-19.

Брукс, И.И., Прохоров, Б.Б., Салиев, А.В., Викулов, А.Ф. (1987) Оценка ландшафтов бассейна оз. Байкал по их устойчивости к различным экологическим факторам и их сочетаниям, *Региональный мониторинг состояния оз. Байкал*. Под ред. Ю.А. Израэля и Ю.А. Анохина, Л., Гидрометеиздат, с. 23-35.

БФ ФИЦ ЕГС РАН. *Сильные землетрясения. Байкальский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук»*. Официальный сайт: http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Seismo_vz#lable5

Буянов, И.Ю., Зарубин, Д.С., Борняков, Г.А. (2020) Влияние лесных пожаров на места обитания соболя (*Martes zibellina* L.) в Средней Сибири, *Вестник охотоведения*, т. 17, №. 4, с. 246-252.

Бычков, И.В., Никитин, В.М., Абасов, Н.В., Осипчук, Е.Н., Бережных, Т.В., Орлова, И.И., Борисова, Н.Г. (2018) Оценка воздействия на трансграничный бассейн реки Селенги в границах Российской Федерации в связи с планами строительства гидроэнергетических объектов на территории Монголии, *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*, т. 24, с. 56-85. DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.24.56>

Ведомости. 26 апреля 2006. Путин поручил перенести нефтепровод от Байкала. <https://www.vedomosti.ru/library/articles/2006/04/26/putin-poruchil-perenesti-nefteprovod-ot-bajkala>

Воронин, В.И., Софронов, А.П., Морозова, Т.И., Осколков, В.А., Суховольский, Г., Ковалёв, А.В. (2019) Ключевые слова: бактериальная водянка, кедр сибирский, геосистемы Прибайкалья, дендрохронология, *География и природные Ресурсы*, №. 4, с. 56-65.

ВМО. *Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events: Draft version – first review by TT-Dewcedesember 2015* (2016), World Meteorological Organization, 62 p.

Волчатова, И.В. (2019) Пожары растительности как фактор снижения объема экосистемных услуг лесов особо охраняемых природных территорий, *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, №. 6, с. 79-91.

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

Гераськина, А.П., Тебенкова, Д.Н., Ершов, Д.В., Ручинская, Е.В., Сибирцева, Н.В., Лукина, Н.В. (2021) Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем, *Вопросы лесной науки*, т. 4, №. 2. с. 1-76.

Гидрометцентр России. Волна тепла на Байкале. 29 апреля 2020 г.
<https://meteoinfo.ru/novosti/17026-volna-tepla-na-bajkale>

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

Григорьев, В.Ю., Миллионщикова, Т.Д., Сазонов, А.А., Чалов, С.Р. (2020) Влияние изменения климатических параметров на сток рек бассейна Байкала во второй половине XX – начале XXI вв., *Вестник Московского университета. Серия 5 География*, № 5, с. 3-11.

Гынинова, А.Б., Бадмажапова, И.А., Дыржинов, Ж.Д. (2016) *Экологические аспекты влияния лесных и торфяных пожаров на почвообразование в дельте р. Селенга*, Актуальные вопросы в области землеустройства, кадастров и природообустройства: проблемы и перспективы развития, с. 56-66.

Данилова, З.А. (2019) Экологические риски на побережье озера Байкал, *Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология*, №. 50.

Дирекция по эксплуатации ГТС и ликвидации ЭУ (ОГКУ). О предоставлении информации. Письмо № (66-1) - 127/21 от 13.03.2021.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год (2012), Москва, 104 с.

Доманов, Т.А. (2012) Факторы, лимитирующие численность кабарги *Moschus moschiferus* (Linnaeus, 1758) в горной цепи Янкан-Тукурингра, *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*, т. 5, №. 1.

ИВП. Отчет о выполнении работ по теме «Разработка (уточнение) диспетчерских графиков ГЭС Ангаро-Енисейского каскада с учетом современных условий». Этап 1. Руководитель темы В.В. Чуканов. – М.: ИВП, 2020. – 252 с.

Изместьев, А.А. (2015) Институциональные возможности повышения прозрачности и эффективности санитарных рубок лесхозов в рамках действующего законодательства, *Управленец*, №. 4 (56).

Ильичёва, Е.А., Павлов, М.В., Рогачёв, А.П. (2019) Комплексная оценка эрозионно-аккумулятивной деятельности русловой сети дельты Селенги,

Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. № 2(11) с. 95-107. DOI: 10.18101/2542-0623-2019-2-95-107.

Иметхенов, А.Б., Хапдуева, В.Д. (2004) Воздействия оползневых процессов на железную дорогу (юг Байкала), *Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География*, № 3.

ИПЭЭ РАН. (2020а) *Отчет о научно-исследовательской работе по теме: организация и проведение экспедиции экологического мониторинга озера Байкал*, Москва, 114 с.

ИПЭЭ РАН. (2020б) *Отчет по теме «Оценка содержания стойких органических загрязнителей, тяжелых металлов и мышьяка в образцах тканей и органов байкальской нерпы (Pusasibirica)»*, Москва, 72 с.

Калихман, Т.П., Калихман, А.Д. (2017) Озеро Байкал в природоохранной парадигме, *Известия Алтайского отделения Русского географического общества*, № 2 (45), с. 24-46.

Капустина, М. (2020) *«Негде хоронить людей»: В Бурятии накопились проблемы по Центральной экологической зоне Байкала. 17.07.2020. Полная версия: <https://www.baikal-daily.ru/news/19/394643/>*

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

Колобов, Р.Ю. (2019) Проблемы определения границ объекта всемирного наследия «Озеро Байкал», *Сибирский юридический вестник*, № 2, с. 113-119.

Колотов, А.А., Рихванова, М.П., Симонов, Е.А., Сутурин, А.Н. (2021) *Объект накопленного экологического вреда (Байкальский ЦБК), ЭПЦ «Беллона», АНО содействия охране окружающей среды «Экспертно-правовой центр «ЭкоПраво»*, 136 с.

Коммерсантъ (2006) *Трубопровод чистой воды. Перенос ВСТО сохранит Байкал, но не затраты на строительство*, №75 от 27.04. с. 3.

Коммерсантъ (2009) *Крупнейшие аварии на гидротехнических сооружениях. История вопроса*, №150 от 18.08.2009, с. 3.

Кондратьева, Л.М., Гаретова, Л.А. (2021) Влияние пожаров на евтофирование водных экосистем, *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*, № 1, с. 65-75.

Крылов, Д.А., Сидорова, Г.П. (2015) Пути снижения экологического воздействия на окружающую среду угольных ТЭС России, *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*, № 11.

Кузьмин, С.Б. (2016) Опасные природные процессы Иркутской области, *Безопасность жизнедеятельности* № 12 (192), с. 27-34.

Кузьмичев, Е.П. (2018) Объемы незаконных рубок лесных насаждений в Российской Федерации [Электронный ресурс] / Е.П. Кузьмичев, И.Г. Тру-

шина, Е.В. Лопатин, *Лесхоз. информ.: электрон. сетевой журн.* № 1, с. 63-77. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Липка, О.Н., (2021) *Методика Открытых стандартов для оценки кумулятивного эколого-социального воздействия*. Официальный сайт экоцентра «Заповедники»/Наши проекты/«Оценка экологических и социальных проблем Байкальской природной территории»: <https://www.wildnet.ru/companies/take-part-in-project/ocenka-ekologicheskikh-i-social-nyh-problem-bajkal-skoj-prirodnoj-territorii/>

Максютова, Е.В., Воропай, Н.Н. (2016) Оз. Байкал, природные ландшафты, засуха, избыточное увлажнение, тренды, непрерывные периоды, *География и природные ресурсы*, – №. 5, с. 20-28.

Материалы «круглого стола» на тему: Гармонизация законодательства об охране озера Байкал в рамках федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы». Москва, 8 апреля 2013 года. Государственная Дума Российской Федерации.

Мельников, Ю.И. (2009) Бурый медведь *Ursus arctos* и человек в пригородных лесах Южного Прибайкалья: особенности взаимоотношений, *Байкальский зоологический журнал*, №. 2, с. 98-104.

Мельников, Ю.И., Купчинский, А.Б. (2018) Численность и распределение колониальных видов птиц на оз. Байкал в послегнездовой период, *Байкальский зоологический журнал*, № 2 (23), с. 50-54.

Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем (2012), М., Росгидромет, 504 с.

Миллионщикова, Т.Д. (2019б) Моделирование наблюдаемых изменений речного стока в бассейне р. Селенги и их сценариев в XXI веке, в сборнике: *Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения*. с. 195-200.

Министерство туризма Республики Бурятия. Официальный сайт. (2021) https://geo.govrb.ru/minturizm/activities/operations_results/

Минприроды РФ. Государственный отчет «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2012 году», 2013.

Мозолевская, Е.Г., Галасьева, Т.В., Соколова, Э.С. (2003) Роль болезней и вредителей в ослаблении и усыхании пихты в Байкальском заповеднике в середине 80-х годов, *Лесной вестник/Forestrybulletin*, №. 2.

Мокрый, А.В. (2019) Туризм как причина экологических проблем побережья озера Байкал, *Экология: вчера, сегодня, завтра. Материалы всероссийской научно-практической конференции* (г. Грозный, 30 октября 2019 г.), Махачкала, АЛЕФ, с. 340-345.

Морейдо, В.М., Калугин, А.С. (2017) Оценка возможных изменений водного режима реки Селенги в XXI в. на основе модели формирования стока, *Водные ресурсы*, т.Т. 44, № 3, с. 275–284.

Назаров, Л.А., Назарова, Л.А., Мирошниченко, Н.А., Панов, А.В., Дядьков, П.Г., Цибизов, Л.В. (2018) Сезонные вариации уровня озера Байкал и слабая сейсмичность байкальской рифтовой зоны, *Горный информационно-аналитический бюллетень* (научно-технический журнал), №. 2, с. 140-147.

Никонова, А.А. Дзюба, Е.В, Горшков, А.Г., Смолин, И.Н. (2011) *Полихлорированные бифенилы в озере Байкал спустя 20 лет*, с. 34.

Новости сибирской науки. Повышение температуры в Байкале стало угрозой для жизни многих видов. 03.09.2019 <http://www.sib-science.info/ru/heis/povyshenie-temperatury-v-baykale-02092019> Общественная Палата РФ. Рекомендации Общественной палаты Российской Федерации по итогам общественных слушаний на тему «Учет мнения общественности в целях охраны экосистемы озера Байкал». г. Москва, 28 апреля 2020 года.

Общественная экспертиза отвергла метод пиролиза фенольного озера в Улан-Удэ, *Московский комсомолец*. Улан-Удэ. 04.06.2021 <https://ulan.mk.ru/social/2021/06/04/obshhestvennaya-ekspertiza-otvergla-metod-piroliza-fenolnogo-ozera-v-ulanude.html>

Овдин, М. Черные бакланы на Байкале за сезон съедают 300 тонн рыбы. Что делать с птицей, которую обвиняют в исчезновении омуля, МКРУ Улан-Удэ. 09.08.2017. <https://ulan.mk.ru/articles/2017/08/09/chernye-baklany-na-baykale-za-sezon-sedayut-300-tonn-ryby.html>

Орлов, Е.А., Чернов, К.А. (2019) Результаты выполнения аварийно-восстановительных работ и анализ медицинского обеспечения в ходе ликвидации наводнения на территории Иркутской области аэромобильной группой Тульского спасательного центра МЧС России (с 6 июля по 15 августа 2019 г.), *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*, №. 3, с. 52-58.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2008), М., Росгидромет.

Пастухов, М.В., Эпов, В.Н., Мачей, Ч.Т., Алиева, В.И., Гребенщикова, В.И. (2011) Распределение и аккумуляция ртути в байкальской нерпе, *Известия Иркутского государственного университета*, т. 4, № 1, с. 56-66.

Пиотровский, А.А., Зенгина, Т.Ю. (2018) Изменение водного зеркала акватории Ангарского Сора в связи с природными и антропогенными колебаниями уровня воды в Байкале, *Проблемы региональной экологии*, №. 2, с. 102-108. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-12102>

Потемкина, Т.Г., Потемкин, В.Л., Гусева, Е.А. (2014) Устьевые области рек озера Байкал, *Вестник Иркутского государственного технического университета*, №. 9 (92), с. 185-192.

Постановление Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности».

Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2017 г. N 1667 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2018–2020 гг.»

Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 2399 «Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории».

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

Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 года N 349 «Об утверждении Положения о разработке, согласовании и утверждении правил использования водохранилищ, в том числе типовых правил использования водохранилищ.»

Приказ Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2021 г. N 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата».

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».

Природные ландшафты и их использование. Карта. М.: 1:7500000. Ин-т географии СО РАН https://www.rgo.ru/sites/default/files/upload/prirodnye_landshafty_i_ih_ispolzovanie.png

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2009 года N 197-р «Об утверждении перечня водохранилищ, в отношении которых разработка правил использования водохранилищ осуществляется для каждого водохранилища» (с изменениями на 10 сентября 2020 года).

Рассказов, Д. (2018) Край таёжный, пожароопасный, *Пожарное дело*, №. 6, с. 24-27.

РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения: руководящий документ, Обнинск: ИГ-СОЦИН, 66 с.

Ревич, Б.А. (2010) К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения, *Проблемы прогнозирования*, №. 4.

Ревич, Б.А., Малеев, В.В., Смирнова, М.Д. (2019) М 42 *Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы*. Под редакцией д.м.н., проф. Ревича Б. А., и к.ф.-м.н. Кокорина А. О, Москва, ИНП РАН, 196 с.

Росгидромет, НИЦ "Планета", 2019. Мониторинг наводнения в Иркутской области. <http://www.meteorf.ru/press/news/19528/>

Рослесхоз. Объем заготовленной древесины по итогам 2019 г. <http://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-WoodVolume>

Рубанцова, Т.А., Крутько, Е.А. (2016) Десоциализация и личностные формы отчуждения в обществе, *Идеи и идеалы*, т. 1, № 4 (30).

Рудых, С.Г., Филиппов, А.В., Юшань, Д. (2018) Полувековая (1963–2017) динамика численности и распространения непарного шелкопряда (*Lepidoptera, Lumantriidae*) в Бурятии, *Природа внутренней Азии*, № 4 (9), с. 44-53.

Самсонов, А. *Вся правда о фенольном озере*. Полная версия: <https://gazeta-n1.ru/news/32380/>

Сизова, Л.Н. (2017) *Влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции на элементы ледово-термического и водного режима озера Байкал*, диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук, Иркутск, 135 с.

Синюкович, В.Н., Чернышев, М.С. (2017) О трансформации расчетных характеристик годового и максимального стока главных притоков оз. Байкал, *Водные ресурсы*, № 3, с. 256–263.

Соболев, В.А., Сандакова, А.Е., Цыбиков, Б.Б. (2020) Анализ фитосанитарной обстановки сельскохозяйственных угодий в Республике Бурятия, *Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона*, с. 63-67.

Сосновчик, Ю.Ф. (2016) Лесные пожары в Забайкальском крае: анализ и прогноз пожарной обстановки, *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*, №. 2, с. 19-25.

Степаненко, В.Н. (2015) Большой баклан на Байкале, *Климат, экология, сельское хозяйство Евразии*, с. 302-307.

Стратегия сохранения биоразнообразия экосистемы озера Байкал, ноябрь 2000 г., 77 с.

Сутурин, А.Н. (2012) Экосистема Байкала может быть уничтожена техногенными отходами, *Экология и жизнь*, №. 2, с. 82-85.

СУЭК. *Повышаем устойчивость. Отчет об устойчивом развитии 2018–2019.* М., СУЭК, 2020, 115 с.

ТАСС. *В Иркутске фиксируют подтопления из-за увеличения пропуска воды через ГЭС. 9 сентября 2020.* <https://tass.ru/proisshestiya/9406063>

ТАСС: *На Иркутской ГЭС из-за землетрясения остановивались гидроагрегаты.* 12.01.2021. <https://tass.ru/sibir-news/10441885>

ТАСС. *Пожар в поселке Черемушки в Бурятии повредил 17 жилых домов.* Погибших и пострадавших в результате происшествия нет. 29 АПР 2017, 07:41: <https://tass.ru/proisshestiya/4222067>

Тимошкин, О.А. (2019) Ученый СО РАН: у Байкала на лицо все признаки болезни, *Иркутск сегодня*, 11.12.2019, <https://irk.today/2019/12/11/uchenyj-so-ran-u-bajkala-nalico-vse-priznaki-bolezni/>

Традиционные типы природопользования КМНС, сформировавшиеся в XV-XIX вв. Карта. М.: 1:7500000. Ин-т географии СО РАН https://www.rgo.ru/sites/default/files/upload/tradicionnye_tipy_prirodopolzovaniya_korennyh_malochislennyh_narodov.png

Тулохонов, А.К., Пунцукова, С.Д. (2016) Лесные пожары в Республике Бурятия в условиях изменения климата, *Общество: политика, экономика, право*, №. 3.

Тураев, В.А. (2010) Традиционные культуры в условиях модернизации реформ: проблемы и перспективы, Евразийское культурное пространство. Актуальные проблемы археологии, этнологии, антропологии, *Материалы докладов ведущих ученых на V (L) Российской (с международным участием) археолого-этнографической конференции студентов и молодых ученых*, Иркутск, 4-9 апреля 2010 г., Иркутск, Изд-во «Оттиск», с. 136-144.

Урбанова, Ч.Б., Бабиков, В.А., Ангархаева, Б.Б. (2017) Современное состояние традиционного природопользования этносов Байкальского региона, *Успехи современного естествознания*, №. 12, с. 252-258.

Федеральный закон «Об охране озера Байкал» от 01.05.1999 г. N 94-ФЗ (редакция, действующая с 1 июля 2021 года).

Фролова, Н.Л., Белякова, П.А., Григорьев, В.Ю., Сазонов, А.А., Зотов, Л.В. (2017) Многолетние колебания стока рек в бассейне Селенги, *Водные ресурсы*, т. 44, № 3, с. 243-255.

Цыдыпов, Б.З., Андреев, С.Г., Аюржанаев, А.А., Содномов, Б.В., Гуржапов, Б. О., Батоцыренов, Э.А., Гармаев, Е.Ж. (2017) Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим озера Гусиное, *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*, т. 22, с. 135-150.

Шестеркин, В.П., Шестеркина, Н.М. (2018) Нитратный азот в воде малых таежных рек Приамурья, *Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. Пятая Всероссийская научная конференция с международным участием*, с. 35-37.

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

Ясакова, Е. Берег без надежды: почему уровень воды в Байкале достиг критической отметки, *Известия. 25 сентября 2020*. <https://iz.ru/1064912/ekaterina-iasakova/bereg-bez-nadezhdy-pochemu-uroven-vody-v-baikale-dostig-kriticheskoi-otmetki>

Brown, K.P. et al. 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, с. 43-52. <https://doi.org/10.1134/S1875372815040058>

Conservation Standards, URL: <https://cmp-openstandards.org/> (дата обращения: 04.04.2021).

Hampton, S.E., McGowan, S., Ozersky, T., Viridis, S. G. P., Vu, T.T., Spanbauer, T.L., Fritz, S.C. (2018). Recent ecological change in ancient lakes, *Limnology and Oceanography*, 63(5), 2277-2304. <https://doi.org/10.1002/lno.10938>

Gelfan, A.N., Millionshchikova, T.D. (2018) Validation of a hydrological model intended for impact study: problem statement and solution example for Selenga River basin, *Water Resources*, m. 45, №. 1, с. 90-101.

Il'ina, O.V., Kolobov, M.Y., & Il'inskii, V.V. (2021). Plastic pollution of the coastal surface water in the middle and southern Baikal, *Water Resources*, 48, 56-64. <https://doi.org/10.1134/S0097807821010188>

IUCN Nomination. 754-IUCN-889 Baikal Nomination, 1996.

Jakob, L., Axenov-Gribanov, D.V., Gurkov, A. N., Ginzburg, M., Bedulina, D.S., Timofeyev, M.A., ... Pörtner, H.O. (2016). Lake Baikal amphipods under climate change: Thermal constraints and ecological consequences, *Ecosphere*, 7(3), e01308. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1308>

Jakob, L., Vereshchagina, K.P., Tillmann, A., Rivarola-Duarte, L., Axenov-Gribanov, D., Bedulina, D., ... Lucassen, M. (2021). Thermal reaction norms of key metabolic enzymes reflect divergent physiological and behavioural adaptations of closely related amphipod species, *Scientific Reports*, 11, 4562. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83748-2>

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J. P., Havens, K., Anneville, O., Carvalho, L., ... Winder, M. (2005). Lake responses to reduced nutrient loading—An analysis of contemporary long-term data from 35 case studies, *Freshwater Biology*, 50, 1747-1771. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01415.x>

Karnaukhov, D., Biritskaya, S., Dolinskaya, E., Teplykh, M., Silenko, N., Ermolaeva, Y., Silow, E. (2020) Pollution by macro-and microplastic of large lacustrine ecosystems in Eastern Asia, *Pollut. Res.*, vol. 39. pp. 353-355.

Kravtsova, L.S., Izhboldina, L.A., Khanaev, I.V., Pomazkina, G.V., Rodionova, E.V., Domysheva, V.M., ... Kupchinsky, A.B. (2014). Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal. *Journal of Great Lakes Research*, 40(2), 441-448. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.02.019>

Kravtsova, L.S., Mizandrontsev, I.B., Vorobyova, S.S., Izhboldina, L.A., Mincheva, E.V., Potyomkina, T.G., ... Sherbakov, D.Y. (2020). Influence of water motion on the spatial distribution of Spirogyra in Lake Baikal, *Journal of Great Lakes Research*, 46(1), 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.09.004>

Kulikova, N.N., Chebykin, E.P., Suturin, A.N., Vashukevich, N.V., & Timoshkin, O.A. (2020). Impact of the coastal taiga fires onto chemical elemental composition of soils, grounds and near-shore waters of Bolshoy Ushkaniy Island (Lake Baikal, Siberia), *Limnology and Freshwater Biology*, 4, 671-672. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2020-A-4-671>

Li, Z., Ren, Y., Li, J., Li, Y., Rykov, P., Chen, F., & Zhang, W. (2018). Land-use/cover change and driving mechanism on the West Bank of Lake Baikal from 2005 to 2015, A case study of Irkutsk City, *Sustainability*, 10(8), 2904. <https://doi.org/10.3390/su10082904>.

Mamontov, A.A., Mamontova, E.A., Tarasova, E.N. (2019) Persistent Organic Pollutants in Baikal Seal (*Pusasibirica*) Blubber, *Russ. J. Gen. Chem.*, т. 89, № 13, с. 2791-2797.

Miradi. Adaptive Management Software for Conservation Projects. URL: <https://www.miradi.org/>(датаобращения: 04.04.2021).

Moreydo, V., Millionshchikova, T., and Chalov, S. (2019) Modelling the hydroclimatic effects on the *Coregonus migratorius* seasonal spawning migration in the Selenga-Baikal hydrological system, *Proc. IAHS*, vol. 381, pp. 113-119.

Nikitin, V.M., Abasov, N.V., Bychkov, I.V. et al. (2019) Level Regime of Lake Baikal: Problems and Contradictions, *Geogr. Nat. Resour.* 40, 353-361 <https://doi.org/10.1134/S1875372819040073>

Safronov, A.N. (2020). Effects of climatic warming and wildfires on recent vegetation changes in the Lake Baikal Basin. *Climate*, 8(4), 57. <https://doi.org/10.3390/cli8040057>

sea temperature.ru: Улан-Удэ. *Температура воды в Селенге на сегодня*. <https://seatemperature.ru/current/russia/ulan-ude-russia-sea-temperature>

Stupin, V.P., Plastinin, L.A., Olzoev, B.N., Kutsy, N.N. (2018). System of geo-information mapping of debris flows hazard in the southern Baikal region. IOP Conference Series, *Earth and Environmental Science*, 194, 102002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/194/10/102002>

Third National Communication of Mongolia (TNC). The Ministry of Environment and Tourism, Ulaanbaatar, Mongolia, 2018. 420 p.

UNESCO (2017) Decision: 41 COM 7B.6 Lake Baikal (Russian Federation) (N 754). Convention Concerning the Protection of World Culture and Natural Heritage. World Heritage Committee Forty-first Session, Krakow, Poland. Retrieved from <http://whc.unesco.org/archive/2017/whc17-41com-18-en.pdf>

UNESCO (2021) Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. WHC/21/44.COM/18 16-31 July 2021 <https://whc.unesco.org/en/sessions/44COM/documents/>

Wang, W., Lee, X., Xiao, W., Liu, S., Schultz, N., Wang, Y., ... Zhao, L. (2018). Global lake evaporation accelerated by changes in surface energy

allocation in a warmer climate, *Nature Geoscience*, 11, 410-414. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0114-8>

World Bank. (2013). *MN-mining infrastructure investment support, Additional financing and restructuring. Integrated safeguards datasheet appraisal stage*. Report No. 83021. Retrieved from <http://documents1.worldbank.org/curated/en/228481468274757269/pdf/83021-ISDSMongolia-MINIS-AF-Appraisal-Final-2013-1125-PUBLIC-Box379880B.pdf>

Woolway, R.I., Kraemer, B.M., Lenters, J.D., Merchant, C.J., O'Reilly, C.M., ... Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 388-403. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>

Yevdokimenko, M.D. (2011). Forest-ecological consequences of fires in light conifer forests of Transbaikalia, *Russian Journal of Ecology*, 42, 205. <https://doi.org/10.1134/S1067413611030052>

Предложения по предотвращению, сокращению и ликвидации социально-экологических проблем БПТ при участии органов власти, бизнеса, научных организаций и НКО															
Предложения	Целевые объекты оценки кумулятивного воздействия угроз на БПТ														
	Уровень оз. Байкал	Качество воды оз. Байкал	Реки	Прибрежные экосистемы	Тайга	Байкальская нерпа	Омуль	Кабарга	Соболь	Здоровье населения	Источники доходов населения	Традиционное природопользование	Населенные пункты	Ключевые объекты инфраструктуры	ООПТ
Проведение переговоров с Монголией о терминировании планов строительства ГЭС и водохранилищ, о совместном устойчивом водопользовании в бассейне Селенги с учетом прогнозов существенного сокращения ее стока															
Внедрение водосберегающих технологий, основанных на принципах НДТ, на всех предприятиях промышленности, в сельском хозяйстве, ЖКХ и всех туристических объектах для снижения водопотребления по всему бассейну Байкала															
Постановка на кадастровый учет карту зон затопления и подтопления															
Решение проблемы с нелегальной застройкой (уведомить о необходимости освободить незаконно занятые участки)															
Усиление санитарно-эпидемиологического контроля за состоянием прибрежной зоны оз. Байкал во время волн жары															
Организация мониторинга воздействия изменения сезонной температуры, а также волн жары, на качество воды оз. Байкал															
Введение замкнутого цикла водопользования на основе принципов НДТ для технических объектов везде, где это возможно															
Срочная ликвидация объектов накопленного ущерба, для которых существует риск перемещения или попадания загрязнителей иным образом в оз. Байкал															
Модернизация и возведение очистных сооружений с применением наилучших доступных технологий															
Обязательное устройство систем канализации и централизованного отопления во всех населенных пунктах ЦЭЗ															
Мониторинг территории, оперативное выявление и ликвидация несанкционированных свалок мусора															

