

УДК 912.43+58.02

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД НА СЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСОВ ПОБЕРЕЖИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2024 г. Е. Л. Макаренко*

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

**e-mail: elmakarenko@bk.ru*

Поступила в редакцию 27.12.2023 г.

После доработки 13.09.2024 г.

Принята к публикации 18.10.2024 г.

Цель исследования — на основе анализа современного состояния лесной растительности на побережьях Иркутского водохранилища и оз. Байкал рассчитать прямой экономический ущерб в результате возможных прямых потерь лесов из-за негативного воздействия вод на затопляемых и абразионных участках. Актуальность исследования обусловлена необходимостью минимизации ущербов лесам побережий при изменении уровней воды в водоемах путем внесения изменений в правила использования водных ресурсов, землепользования, лесопользования и др. Методы исследования: геоботанический, лесотаксационный, геоинформационный, экспертный и др. Ущерб определен в отношении фактически произрастающей на 2022–2023 гг. лесной растительности, он носит потенциальный характер и не отражает ущербы от гибели или повреждения растительности за прошлые годы. Расчет ущерба произведен в отношении ресурсов древесины, древесной зелени, коры, лесной подстилки, грибов, ягод, орехов, березового сока, лекарственных растений и др. Для его расчета применены нормативные ставки платы за единицу объема лесных ресурсов. Определение объема лесных ресурсов основывалось на показателях биологической продуктивности, рассчитанных по региональным методикам. Исследование позволило определить и картографировать размещение лесопокрытых участков в составе категорий земель и отдельных землепользований, качественные характеристики лесов, а также экономический ущерб в разрезе видов лесных ресурсов по уровням потенциального подъема воды. Среди муниципальных образований наибольшие значения экономического ущерба отмечены в Иркутском районе — за счет высоких таксационных характеристик лесов, большей частью расположенных на абразионных побережьях Иркутского водохранилища. Определены тенденции увеличения площади лесов и экономического ущерба в зависимости от увеличения абсолютной высоты местности. Эта тенденция особенно выражена для побережий Иркутского водохранилища, где от высотной отметки 457.0 до 457.85 м через каждые 10 см высоты сечения рельефа площадь лесов увеличивается на 5603.1–7344.7 м², а экономический ущерб — на 85879.2–125512.1 руб. Для побережий оз. Байкал тенденция устойчивого увеличения данных показателей нарушается после отметки 457.4 м, что связано с особенностями их геоморфологического строения и развитием остепненных и заболоченных лесорастительных комплексов.

Ключевые слова: затопление, абразия, подтопление, продуктивность леса, категории земель, древесные, недревесные, пищевые лесные ресурсы

DOI: 10.31857/S2587556624060075, **EDN:** AJLAOR

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблемы негативного воздействия вод на уникальные водные и прибрежные экосистемы оз. Байкал, р. Ангары стали особо значимо проявляться с момента создания Иркутского водохранилища в 1950-х годах (Болгов и др., 2017; Гармаев, Цыренов, 2019; Ступин и др., 2018), которое привело не только к повышению уровня воды в озере в пределах 1.0–1.2 м, но и значительным его колебаниям. В то время

проектирование экономического развития региона и регулирования стока не предполагало предварительных научных и инженерно-исследовательских работ по оценке возможных негативных последствий создания Иркутской ГЭС и водохранилища для природных экосистем. Природоведческие вопросы, по мнению И.Ю. Долгушина, Л.Ф. Куницына и других авторов (Природа ..., 1975), стали учитываться в инструктивных и нормативных документах только начиная с 1960-х годов.

Колебания уровней воды в водохранилище и озере — взаимосвязанных природно-техногенной и природной систем — обусловлены, с одной стороны, различной сезонной и среднегодовой приточностью, а с другой стороны, нормами и ограничениями по сбросу вод из верхнего в нижний бьеф Иркутского водохранилища. Нормы и ограничения по сбросу продиктованы требованиями энергетики, водного транспорта, расположением в нижнем бьефе Иркутской ГЭС крупных населенных пунктов, включая г. Иркутск. Корректирующее влияние на показатели сброса вод оказывает также подпорный характер каскада ангарских ГЭС — Братского, Усть-Илимского, Богучанского гидроузлов. Таким образом, с момента строительства Иркутской ГЭС “озеро используется в режиме водохранилища многолетнего регулирования” (Гармаев, Цыренов, 2019, с. 39). С 1898 по 2021 г. минимальный и максимальный уровни на озере составили 454.92 (1900 г., 1904 г.) и 457.39 м (1988 г.) соответственно. С середины 1990-х годов, за исключением отдельных лет, на Байкале отмечался маловодный период. Начиная с 2018 г. вследствие значительного выпадения осадков в бассейнах главных притоков озера, в числе которых р. Селенга, уровень Байкала поднимался до 456.95 м. При этом отметка 457.0 м является максимальной в период средней водности, что обозначено в постановлении Правительства Российской Федерации № 234 от 26 марта 2001 г. “О предельных значениях уровня воды в оз. Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности”¹, приостановленного согласно постановлению от 16 марта 2022 г. № 379². Отмечается (Гармаев, Цыренов, 2019), что превышение отметки 457.0 м уже ведет к значительным ущербам для прибрежных природных экосистем. Высокие уровни воды в озере и водохранилище преимущественно по причине максимальных климатических осадков в 1962, 1964, 1971, 1973, 1983, 1986, 1988, 1990, 1994, 2018 гг. и в последующие годы резко обострили развитие негативных водных процессов³, к которым относятся периодические затопления и подтопления, развитие абразии и эрозионные процессы, ведущие к избыточному переувлажнению почв и заболачиванию, геоморфологической перестройке береговой линии с потерей земель и пр.

Особое место среди природных компонентов побережий, на которые водные процессы оказывают негативное влияние, занимают леса. Их гибель и повреждения сказываются на изменении функционирования всех прибрежных

экосистем. Древесная растительность согласно ГОСТ 18486—87⁴ выступает не только важнейшей частью леса, но и его средообразующим эдификатором. Ресурсы леса, включая древостой, выполняют, согласно современной парадигме природного капитала, различные экосистемные услуги, под которыми понимают все виды материальных и нематериальных благ, получаемые человеком от живой природы (Экосистемные ..., 2016; Millennium ..., 2005). Они оцениваются монетарными или немонетарными показателями (Касимов Д.В., Касимов В.Д., 2017).

Среди водных процессов, оказывающих негативное воздействие на бореальные леса, наибольшее значение имеет избыточное переувлажнение почв в результате затоплений и подтоплений. Вопросы индикационных реакций лесорастительных сообществ на избыточное переувлажнение изучаются давно и представлены во многих отечественных и зарубежных работах (Бахтенко, 2001; Булко и др., 2013; Горбачев и др., 2012; Денисов и др., 1958; Чевердин и др., 2018; Annemarie et al., 2017; Armstrong et al., 1994; de Bello et al., 2013; Garssen et al., 2015; Ström et al., 2011; Violle et al., 2011). В целом отмечается тесная связь между климатом и развитием многих водных процессов, крайне негативное воздействие длительного и частого избыточного переувлажнения почв на леса, приводящего к их гибели и замене типичных лесорастительных формаций на влагоустойчивые. Особого внимания заслуживают воздействия негативных водных процессов на лесную растительность в зонах влияния крупных гидротехнических сооружений (Дьяконов, 1975; Дьяконов, Ретеюм, 1967; Сулейманова, Спицына, 2012; Угрюмов, Даниленко, 2007; Филькин, 2011; и др.). Развитию негативных водных процессов на исследуемой территории посвящены работы ряда исследователей (Козырева и др., 2020; Потемкина, 2000).

Воздействия негативных водных процессов на природные и социально-экономические объекты ведут к значительным экономическим ущербам (фактическим или потенциальным). В этой связи, применительно к территории исследования, отметим оценки ущербов, проведенные в середине 1990-х годов Байкальским институтом рационального природопользования в рамках научно-технической программы “Сибирь” (Оценки ..., 1996). Разработанная для этих целей методика отличалась многофакторностью, но вместе с тем громоздкостью вычислений, спецификой используемых показателей оценки, затрудняющих получение данных для расчетов и др.

Актуальность экономической оценки ущербов обусловлена необходимостью минимизации

¹ <https://base.garant.ru/2157975/> (дата обращения 22.12.2023).

² <https://npalib.ru/2022/03/16/postanovlenie-379-id275552/> (дата обращения 22.05.2024).

³ http://irkipedia.ru/content/geomorfologiya_baykala_dinamika_izmeneniy_beregov (дата обращения 22.05.2024).

⁴ <https://docs.cntd.ru/document/1200022985> (дата обращения 22.12.2023).

их путем регулирования уровня воды Иркутского водохранилища и оз. Байкал, строительства защитных прибрежных сооружений, внесения изменений в схемы территориального планирования и зонирования, земле- и лесопользования (Гагаринова, Заборцева, 2022).

ТЕРРИТОРИЯ, ЦЕЛИ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цели и задачи исследования определены рамками проекта “Влияние изменений уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера, определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежных территорий Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС”, который выполнялся в 2021–2023 гг. научно-исследовательскими организациями Иркутской области и Республики Бурятия, включая Институт географии им. В.Б. Сочавы (г. Иркутск)⁵.

Целью нашей части исследования, которое территориально охватывало побережья в верхнем бьефе Иркутской ГЭС (Иркутского водохранилища и оз. Байкал на территории Иркутского, Ольхонского, Слюдянского районов Иркутской области и г. Иркутска) являлся анализ современного состояния лесов на участках негативного воздействия вод, оценка прямого экономического ущерба (ПЭУ) в результате прямых возможных потерь лесорастительных ресурсов от негативных водных процессов. Таким образом, в рамках исследования ПЭУ носит потенциальный характер и затрагивает только сырьевую сторону ресурсов леса. Теоретически ПЭУ является наиболее важной частью общего экономического ущерба, рассчитываемого с учетом затрат на восстановление, упущенной выгоды и косвенного ущерба (Методика ..., 2006). Затраты на лесовосстановление не определены ввиду того, что их расчет их объема находится в компетенции территориальных органов управления лесным хозяйством. Два других вида ущерба применимы лишь к экономическим видам деятельности, участникам земельно-правовых отношений.

Для достижения поставленной цели на исследуемых участках негативного воздействия вод решены следующие задачи: 1) выделены лесопокрываемые земли и проанализировано современное геоботаническое состояние лесов; 2) определены важнейшие виды лесных ресурсов, подлежащие оценке; 3) выбраны методические подходы и рассчитаны экономические ущербы по видам лесных ресурсов в разрезе землепользований, категорий земель, муниципальных образований;

4) проведено картографирование лесопокрываемых участков; 5) создана геоинформационная база данных, содержащая по каждому лесопокрываемому участку данные по его площади, лесотаксационным характеристикам (породный состав, тип леса, относительная полнота, класс бонитета, группа возраста, средний запас древесины на единицу лесопокрываемой площади), нормативно-правовому положению земель (кадастровый номер, категория земель, вид разрешенного использования), на которых расположены леса.

Данные получены в ходе полевых геоботанических исследований, анализа таксационных показателей лесов по ключевым лесным выделам в лесничествах (Ольхонское, Слюдянское, Иркутское, Ангарское) и особо охраняемых природных территориях (Прибайкальский национальный парк, Байкало-Ленский заповедник), предоставленных в виде выписок из государственного лесного реестра⁶. В работе были использованы тематические карты (Байкал ..., 1993; Растительность ..., 1972), результаты региональных геоботанических исследований (Сизых, 2021; Чепинога, 2015). В целях картографирования границ лесопокрываемых участков и определения некоторых таксационных характеристик лесов методами дешифрирования и аналогий использовались информационно-спутниковые системы SASPlanet и Google Earth. Информация по нормативно-правовому положению земель получена из Государственного реестра земель Иркутской области⁷. Пространственно-координатная локализация лесопокрываемых земель, определение их площадей, формирование базы данных и тематическое картографирование выполнены при использовании функций картографо-геоинформационной среды MapInfo Pro.

В соответствии с заданием по проекту для расчета экономических ущербов использовались официально-действующие методики, а также нормативно-правовая база российского законодательства, в том числе в отношении границ прибрежных участков оз. Байкал, подверженных негативным водным процессам, связанных с его высокой или низкой водностью. Согласно постановлению Правительства № 654 от 27 апреля 2021 г. “О максимальных и минимальных уровнях воды в озере Байкал в 2021 г.”⁸ прибрежные участки, на которых активно проявляются негативные процессы, ограничены диапазоном 455.54–457.85 м (в тихоокеанской системе высот). Этот диапазон находится в соответствии с минимальными (для периода малой водности) и максимальными (для периода большой водности) уровнями Байкала. Абсолютная высотная

⁵ <https://idsbras.ru/rossijskie-uchenye-predlagajut-izmenit-pravila-ispolzovanija-vodnogo-regulirovanija-irkutskogo-kaskada-gjes/> (дата обращения 03.09.2024).

⁶ <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minprirody-rossii-ot-30102013-n-464/> (дата обращения 20.12.2023).

⁷ <https://egrp365.org/map/> (дата обращения 20.12.2023).

⁸ <https://base.garant.ru/400729221/> (дата обращения 15.09.2023).

отметка 457.0 м представляет собой нормальный подпорный уровень водохранилища (НПУ)⁹, превышение которого оказывает существенное воздействие на прибрежные экосистемы. Исследования показали, что она превышает в многоводные годы (например, в 2021 г.), но не достигает отметок, близких к форсированному подпорному уровню, — 457.85 м.

Условными границами участков затопления для оз. Байкал приняты диапазоны — 457.0–457.85 м (в тихоокеанской системе высот), а для Иркутского водохранилища — 456.9–457.85 м, что обусловлено его более низкими, чем на озере, высотными отметками. Выбор режимов регулирования уровня оз. Байкал внутри диапазона 456.0–457.0 м не требует стоимостных оценок, так как он соответствует нормальным проектным условиям и по опыту эксплуатации Иркутской ГЭС не вызывает социально-экономических потерь и ущербов (Гагаринова, Заборцева, 2022). Именно с отметки НПУ (457.0 м) отмечается увеличение расходов воды из верхнего бьефа в нижний до максимально допустимых — 3200–4500 м³/с (с учетом расхода р. Иркут) по условию незатопления г. Иркутска. Превышения уровня 457.4 м обуславливают максимально возможные расходы в нижний бьеф 4500–6000 м³/с (с учетом расхода р. Иркут), при этом расходы ГЭС не должны превышать 5100–5400 м³/с. Превышения уровня 457.5 м при катастрофически высокой водности (обеспеченность менее 1%) обуславливает введение особого (чрезвычайного) режима пропуска экстремальных паводков.

Условные границы абразионных участков побережий образованы расстоянием от исходных до конечных высотных отметок, соответствующим среднемноголетним данным по абразионным потерям земель на побережьях в периоды большой водности. В обобщенном виде местоположение таких участков представлено на мелкомасштабной карте “Геоморфологическое строение и динамика берегов и дна” (Байкал ..., 1993).

Таким образом, расчеты проведены для зоны формирования максимально возможных ущербов, где находятся наибольшая часть прибрежных лесов и практически все инфраструктурные и социально-экономические объекты, активно ведется разнообразная деятельность.

Основой для расчета ПЭУ послужила высокоточная цифровая модель рельефа (ЦМР), выполненная сотрудниками Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН для прибрежных территорий суши, а также мелководий (для оценки ущерба биологическим водным ресурсам) Байкала, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской

ГЭС, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера. Для получения массива высотных точек, проанализированных при помощи современных программных ГИС-пакетов, была проведена лидарная съемка самолетного типа (технология получения и обработки информации дистанционного зондирования с помощью лазерных оптических систем). Цифровая аэрофотосъемка (АФС) проведена с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) — беспилотного комплекса самолетного типа Геоскан 101, а также квадрокоптера DJI Mavic2 Pro. Полученные в результате съемки изображения позволили создать при помощи программного обеспечения (Agisoft Metashape PRO) ортофотопланы и 3D модели рельефа с точностью выше 10 см на пиксель, что примерно соответствует масштабу топографического плана 1 : 1000. Также для согласования всей информации и получения ЦМР были использованы нерегулярные триангуляционные сети. Полетные маршруты в автоматическом режиме строились с использованием программных приложений PIX4Dcapture и Геоскан (для БПЛА самолетного типа). Продольное и поперечное перекрытие снимков при этом достигало около 70%. В качестве источников для мелководной части побережий также использовались изолинии рельефа с векторной топоосновы масштабов 1 : 25000 и 1 : 50000; отметки глубин и изобаты, оцифрованные с лоцманских карт водохранилища, промеры глубин, выполненные с помощью эхолота. Ряд задач выполнялся с помощью программ QGIS и EasyTrace.

Процессы абразии и затопления на территории исследования имеют наибольшее распространение и визуально отражают непосредственную связь побережий с водоемами путем единого массо- и энергопереноса, поверхностного и грунтового стока. Мы не выделяли в самостоятельную группу и не исследовали участки побережий, подверженные подтоплениям. Во многом это связано с отсутствием системных и крупномасштабных гидрогеологических наблюдений за процессами подтопления на территории исследования, которые бы давали ответы на многие вопросы, например, о границах данного явления, количественных и качественных параметрах связи между уровнями грунтовых вод и колебаниями уровней воды в водоемах. Однако предполагаем, что на ряде участков побережий Байкала и Иркутского водохранилища затопление сопровождается процессами подтопления, обусловленными глубиной залегания подземных вод до 10 м (реже 25–50 м) в водообильных рыхлых отложениях (Байкал ..., 1993). Здесь процессы подтопления развиты, скорее всего, на территории прибрежных низинных (эвтрофных) болот с гидроморфным (до 3 м) или по-

⁹ <http://www.rushydro.ru> (дата обращения 22.12.2023).

лугидроморфным (3–6 м), реже автотрофным (более 6 м) типом залегания вод. Для остальной, большей части побережий характерны слабодообильные метаморфические и осадочные породы с глубиной залегания подземных вод 100 м и более.

Анализ официально действующей методики по оценке экономических ущербов от негативных водных процессов (Методика ..., 2006) показал ее неприменимость в отношении расчета ПЭУ от гибели или повреждения лесных ресурсов. В частности, отметим неоднозначность изложенных в ней суждений, малого числа оцениваемых показателей без учета разнообразия лесных ресурсов, их количественных и качественных параметров и др. В этой связи, с учетом лесного законодательства, разработан подход, позволяющий более объективно, по нашему мнению, оценить ПЭУ, исходя из разнообразия видов лесных ресурсов, таксационных характеристик лесов, отражающих продуктивность не только древесных, но и иных ресурсов леса: недревесных или второстепенных (лесной подстилки, древесной зелени, коры, сучьев), пищевых и лекарственных (грибов, ягод, орехов, березового сока, листьев лекарственных растений), выступающих частью ресурсов побочного пользования (ГОСТ Р 59058–2020)¹⁰.

Для древесных ресурсов, ввиду того, что леса побережий относятся к защитным, применены нормативные ставки для Иркутской области согласно приложения № 2 “Таксы для исчисления размера вреда, причиненного лесным насаждениям, заготовка древесины которых не допускается” к постановлению Правительства РФ от 22 декабря 2018 г. № 1730 “Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства”¹¹. Для древесных ресурсов на абразионных участках выбраны таксы для древостоев, поврежденных до степени прекращения их роста, а для древесных ресурсов, находящихся на затопливаемых участках — таксы, соответствующие древостоям с повреждениями, не влекущими прекращения роста. Для остальных видов лесных ресурсов применены ставки платы за единицу их объема согласно Постановления Правительства РФ от 22 мая 2007 г. № 310¹², проиндексированные на 1 января 2023 г. согласно Постановления Правительства РФ от 23 декабря 2022 г. № 2405 “О применении в 2023–2026 годах коэффициентов к ставкам платы за единицу объема

лесных ресурсов и ставкам платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности”¹³ (табл. 1). При этом для тех видов лесных ресурсов, которые учтены в расчетах, но отсутствуют в вышеназванном документе, нами применены условные ставки платы.

Расчет объема (количества) ресурсов основывался на показателях их биологической продуктивности и урожайности (Краткий ..., 2005). Значения показателя продуктивности древесных ресурсов — среднего запаса древесины на единицу лесопокрытой площади (м³/га) определены из таксационных описаний лесных выделов, а пищевых, лекарственных и недревесных лесных ресурсов — с помощью региональных методик (см. табл. 1), большей частью представленных в таксационном справочнике (Таксационный ..., 2018), где они дифференцированы по лесным районам Российской Федерации, названия и территориальный охват которых приведены в Приказе Минприроды России от 18 августа 2014 г. № 367¹⁴. Определение объема лесных ресурсов для абразионных и затопливаемых участков произведен в границах Байкальского горного лесного района, к которому относится исследуемая территория. В случае отсутствия для некоторых видов лесных ресурсов методических подходов по определению их продуктивности, использованы те, которые разработаны для районов со сходными лесорастительными условиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На затопливаемых участках расположена большая часть всех лесов, подверженных негативным водным процессам, — 1368432.1 м² или 93.5%. Запас древесины составляет 19033.8 м³. Экономический ущерб от потери оцениваемых лесных ресурсов на этих участках — 18668487.5 руб. или 72.9% от всего ПЭУ (табл. 2). Леса здесь представлены преимущественно заболоченными осоково-кустарничково-моховыми сообществами с преобладанием берез (*Betula pendula* Roth, *B. platyphylla* Sukaczew, *Betula fruticosa* Pall.), ивы (*Salix viminalis* L., *S. pentandra* L., *S. caprea* L., *S. rhamnifolia* Pall.). На побережье южного Байкала встречаются душекия (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar) и тополь (*Populus suaveolens* Fisch.). Леса низинных заболоченных участков подвержены деструктивным сукцессиям, что выражается в угнетении, изреживании древостоев, замене их на влагоустойчивые виды. Для более возвышенных участков характерен относительно развитый лесорастительный покров,

¹⁰ <https://files.stroyinf.ru/Data/752/75220.pdf> (дата обращения 22.05.2024).

¹¹ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/ (дата обращения 20.12.2023).

¹² http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/ (дата обращения 20.12.2023).

¹³ https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_435493/#dst100007 (дата обращения 20.12.2023).

¹⁴ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169590/ (дата обращения 20.12.2023).

Таблица 1. Виды лесных ресурсов, ставки платы за единицу их объема и методические источники для вычисления продуктивности и урожайности

Вид лесных ресурсов	Ставка платы*	Источники
Древесные ресурсы		
а) поврежденные до степени прекращения роста	4110 руб./м ³ (для абразионных участков)	Таксационные описания выделов в Иркутском, Ангарском Слюдянском, Ольхонском лесничествах, Прибайкальском национальном парке и Байкало-Ленском государственном природном заповеднике
б) при повреждении, не влекущем прекращения роста	822 руб./м ³ (для участков затопления)	
Пищевые лесные ресурсы**		
Ягоды (брусника, черника)	1.61 руб./кг	Биологическая урожайность ягодников Иркутской области, кг/га (Основные ..., 1980)
Березовый сок	10.7 руб./ц	Средний показатель сокопродуктивности для Восточно-Сибирского экономического района — 20 т/га (Орлов, Рябчук, 1982)
Кедровые орехи	2.14 руб./кг	Биологическая урожайность кедровых насаждений III, IV и V классов бонитета (кг/га) Иркутской области (Основные ..., 1980)
Грибы	1.07 руб./кг	Шкала биологической урожайности грибов в основных группах типов леса (Лесохозяйственный регламент Иркутского ..., 2018)
Мед	2.14 руб./кг	Медопродуктивность по типам леса Западного Забайкалья (Республика Бурятия) (Шевцова, 1987)
Папоротник-орляк (<i>Pteridium aquilinum</i>)	1.07 руб./кг	Фитомасса вай орляка соснового для трех типов леса на юге Приенисейской Сибири (Пономарев, 2013)
Ресурсы лекарственных растений		
Листья (брусника, черника)	1.61 руб./кг	Запас лекарственного сырья на 1 га в Иркутской области (кг воздушно-сухой/сырой вес) (Основные ..., 1980)
Недревесные лесные ресурсы***		
Лесная подстилка	0.05 руб./га	Запас подстилки в культурах основных лесообразующих пород Сибири (Решетникова, 2015)
Древесная зелень	11.66 руб./т	Объем древесной зелени в сосновых, еловых и березовых насаждениях (по Н. И. Казимирову) (Таксационный ..., 2018)
Крупные сучья	4110 и 822 руб./м ³	Первичная продукция из недревесных лесных ресурсов в 1000 м ³ вывезенной древесины (Лесохозяйственный регламент Таштыпского ..., 2013)
Кора	2.78 руб./т	

Примечания. * Ставки платы для Иркутской области без учета коэффициента индексации на 2023 г. — 2.59 (Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2022 г. № 2405). ** Условные ставки платы: для ягод брусники и черники — 1.61 руб./кг (как за лекарственное сырье); для меда — 2.14 руб./кг (как за дикорастущие орехи); для папоротника-орляка — 1.07 руб./кг (как за грибы). *** Условные ставки платы: для древесной зелени (ветви, хвоя и листья) — 11.66 руб./т (как за лапы хвойных пород); для крупных сучьев — 4110 и 822 руб./м³ соответственно на участках абразии и затопления (как для древесных ресурсов); для коры — 2.78 руб./т или 2.0 руб./м³ (в пересчете для средней удельной плотности коры сосны и березы — 0.72 г/см³).

испытывающий переувлажнение лишь в отдельные годы — в результате значительного повышения уровней воды в водоемах. Здесь развиты вторичные сукцессии, которые выражаются в зарастании древесной растительностью ранее переувлажненных (заболоченных) земель.

Леса на абразионных участках занимают 94795.8 м² или 6.5% от общей площади всех лесов на территории исследования, а запас древесины составляет 1489.8 м³. В составе древостоев на абразионных побережьях водохранилища пре-

обладают мелколиственные (*Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L.) с сосной (*Pinus sylvestris* L.), а на западных побережьях озера — лиственница (*Larix sibirica* Ledeb., *L. czekanowskii* Szafer) и сосна (*Pinus sylvestris* L.). ПЭУ от потери всех видов лесных ресурсов здесь — 6919578.7 руб. или 27.1% от всего ущерба на исследуемой территории. Леса на абразионных участках, которые в большей части сложены рыхлыми кайнозойскими отложениями, подвержены значительным рискам гибели. Почти катастрофический

Таблица 2. Распределение лесопокрытой площади и ПЭУ по муниципальным образованиям на участках затопления и абразии

Муниципальное образование	Лесопокрытая площадь, м ²			Запас древесины, м ³			ПЭУ, руб.		
	Абразия	Затопление	Всего	Абразия	Затопление	Всего	Абразия	Затопление	Всего
г. Иркутск	319.5	3957.7	4277.2	5.0	37.8	42.8	23017.0	36696.8	59713.7
Иркутский район	42914.7	520766.4	563681.1	874.4	9465.4	10339.8	4070261.3	9373714.8	13443976.2
Слюдянский район	0.0	749621.5	749621.5	0.0	8880.4	8880.4	0.0	8605723.9	8605723.9
Ольхонский район	51561.6	94086.5	145648.1	610.4	650.2	1260.6	2826300.4	652352.1	3478652.5
Итого	94795.8	1368432.1	1463227.9	1489.7	19033.9	20523.6	6919578.7	18668487.5	25588066.3



Рис. 1. Распределение удельных показателей прямого экономического ущерба по участкам затопления и абразии в муниципальных образованиях городского и районного уровней, руб./м².

характер приобрели эти процессы на побережьях Иркутского водохранилища, где ежегодно безвозвратно из хозяйственного оборота выводятся значительные площади земельного фонда.

Доли лесопокрытой площади и ПЭУ на участках затопления и абразии по категориям земель распределены следующим образом: на земли лесного фонда приходится соответственно 63.7 и 62.3%, на земли с неопределенной категорией — 21.6 и 20.8, населенных пунктов — 7.2 и 5.2, ООПТ — 5.6 и 10.3, сельскохозяйственного назначения — 1.6 и 1.2, промышленности — 0.3 и 0.2%. При этом в Слюдянском районе доли лесопокрытой площади и ПЭУ от общих их значений на исследуемой территории занимают соответственно 51.2 и 33.6%, в Иркутском — 38.5 и 52.5, Ольхонском — 10.0 и 13.7, в г. Иркутске — 0.3 и 0.2 (см. табл. 2). Наиболее значительна площадь лесов, находящихся на участках негативного воздействия вод, — на южных побережьях Байкала (Слюдянский район). Однако максимальный ПЭУ может быть достигнут на побережьях Иркутского водохранилища (Иркутского район) за счет более высокой лесистости и наличия высокопродуктивных древостоев, часть которых находится на абразионных участ-

ках, где удельная величина ущерба на единицу лесопокрытой площади значительно выше, чем на участках затопления, за счет потенциальной безвозвратной гибели лесов (рис. 1).

Распределение площади лесов и ПЭУ по высотным ступеням потенциального подъема воды, проведенных через 10 см высоты сечения рельефа (табл. 3), показало тенденцию увеличения их значений с увеличением абсолютной высоты участка, что говорит об ослаблении негативного влияния вод на леса и, как следствие, — улучшении лесорастительных условий, влияющих на увеличение таксационных показателей леса — бонитета, полноты, запаса древесины, а также биологического разнообразия. Эта тенденция особенно выражена для побережий Иркутского водохранилища, где от абсолютной отметки 457.0 м через каждые 10 см высоты сечения рельефа площадь лесов увеличивается на 5603.1–7344.7 м², или на 0.9–1.2%, а ПЭУ — на 85879.2–125512.1 руб. или на 0.6–0.9% — соответственно от общих (суммарных) значений их площади и ущерба на побережьях водохранилища.

Для побережий оз. Байкал тенденция устойчивого увеличения площади лесов с абсолютной

Таблица 3. Распределение лесопокрытой площади лесов и ПЭУ по уровням подъема воды

Побережья Байкала									
Уровень подъема воды, м	457.0–457.1	457.1–457.2	457.2–457.3	457.3–457.4	457.4–457.5	457.5–457.6	457.6–457.7	457.7–457.8	457.8–457.85
Площадь леса, м ²	66475.2	80143.3	87135.1	112719.3	108481.0	113753.5	103965.0	96374.5	96730.4
Доля от общей площади лесов, %	7.7	9.2	10.1	13.0	12.5	13.1	12.0	11.1	11.2
Ущерб, руб.	826998.7	986623.1	1106397.4	1435049.5	1447152.0	1512392.4	1555058.0	1397567.7	1378486.6
Доля от общего экономического ущерба, %	7.1	8.5	9.5	12.3	12.4	13.0	13.4	12.0	11.8
Побережья Иркутского водохранилища									
Уровень подъема воды, м	456.9–457.0	457.0–457.1	457.1–457.2	457.2–457.3	457.3–457.4	457.4–457.5	457.5–457.6	457.6–457.7	457.7–457.85
Площадь леса, м ²	39659.1	45262.2	52373.5	59600.0	66749.9	74094.6	80521.4	86644.2	92545.4
Доля от общей площади лесов, %	6.6	7.6	8.8	10.0	11.2	12.4	13.5	14.5	15.5
Ущерб, руб.	1094530.8	1189028.7	1311936.4	1437448.5	1561239.3	1686719.6	1793993.8	1890782.2	1976661.4
Доля от общего экономического ущерба, %	7.9	8.5	9.4	10.3	11.2	12.1	12.9	13.6	14.2

высотой местности прослеживается до отметки 457.4 м, затем наблюдается неустойчивое снижение площади лесов с некоторым увеличением на отметках 457.6 м и 457.85 м. ПЭУ при этом последовательно увеличивается до отметки 457.7 м и только после нее переходит к снижению. Отмеченную тенденцию снижения площади лесов от названной отметки для побережий Байкала можно связать с развитием остепненных (Ольхонский район) или заболоченных комплексов. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, отражающий указанные выше зависимости увеличения площади лесов и ПЭУ от высоты местности, является очень высоким и составляет для Иркутского водохранилища 1.0, для оз. Байкал — 0.93.

Очевидно, что чем выше абсолютная высота участка, тем меньше вероятность развития негативных водных процессов. Таким образом, следует ожидать, что ущербы, возможные при превышении максимального за историю наблюдений уровня (457.39 м), будут возможны только при развитии самых неблагоприятных климатических условий и формировании экстремальной водности притоков. Однако следует признать, что за счет физических связей водоемов с рыхлыми грунтами побережий, даже при меньших уровнях поднятия вод будет наблюдаться их негативное воздействие на лесную растительность за счет развития переувлажнения и заболоченности, абразионно-эрозионных процессов, влекущих за собой размыв и уничтожение земель побережий.

Созданная в геоинформационной среде база данных по лесопокрытым участкам на землях,

подверженным процессам затопления и абразии, содержит по каждому из них кадастровый номер, функциональную категорию, разрешенное использование земельного участка, на котором расположен лес, а также площадь, таксационные показатели (породный и возрастной состав, полнота, бонитет, запас сыrorастущего леса на единицу лесопокрытой площади), объемы лесных ресурсов в разрезе их видов (древесных, недревесных, пищевых и лекарственных растений), а также суммарный ПЭУ по всем имеющимся на участке видам лесных ресурсов. Площадь и ПЭУ также рассчитаны по ЦМР, ее 10-сантиметровым высотным уровням потенциального подъема воды по каждому лесопокрытому участку.

В качестве примера приведен фрагмент карты (рис. 2, табл. 4), отображающий часть Слюдянского района, которая в лесорастительном отношении является типичной для большей части исследуемой территории. Кроме того, он демонстрирует уровни, находящиеся ниже 457.0 м, которые не учитываются при расчете ПЭУ, однако важны для понимания общей картины распределения на побережье высотных уровней и земель, покрытых лесом. Кроме того, из рисунка видно, что основная часть лесопокрытых земель находится на отметках выше 457.2 м. Аналогичная ситуация характерна для всех остальных исследуемых побережий. Распределение ПЭУ по видам лесных ресурсов (табл. 5) показало, что более 80% от общего значения ПЭУ занимают ущербы от потенциальной гибели и повреждений древесных ресурсов,

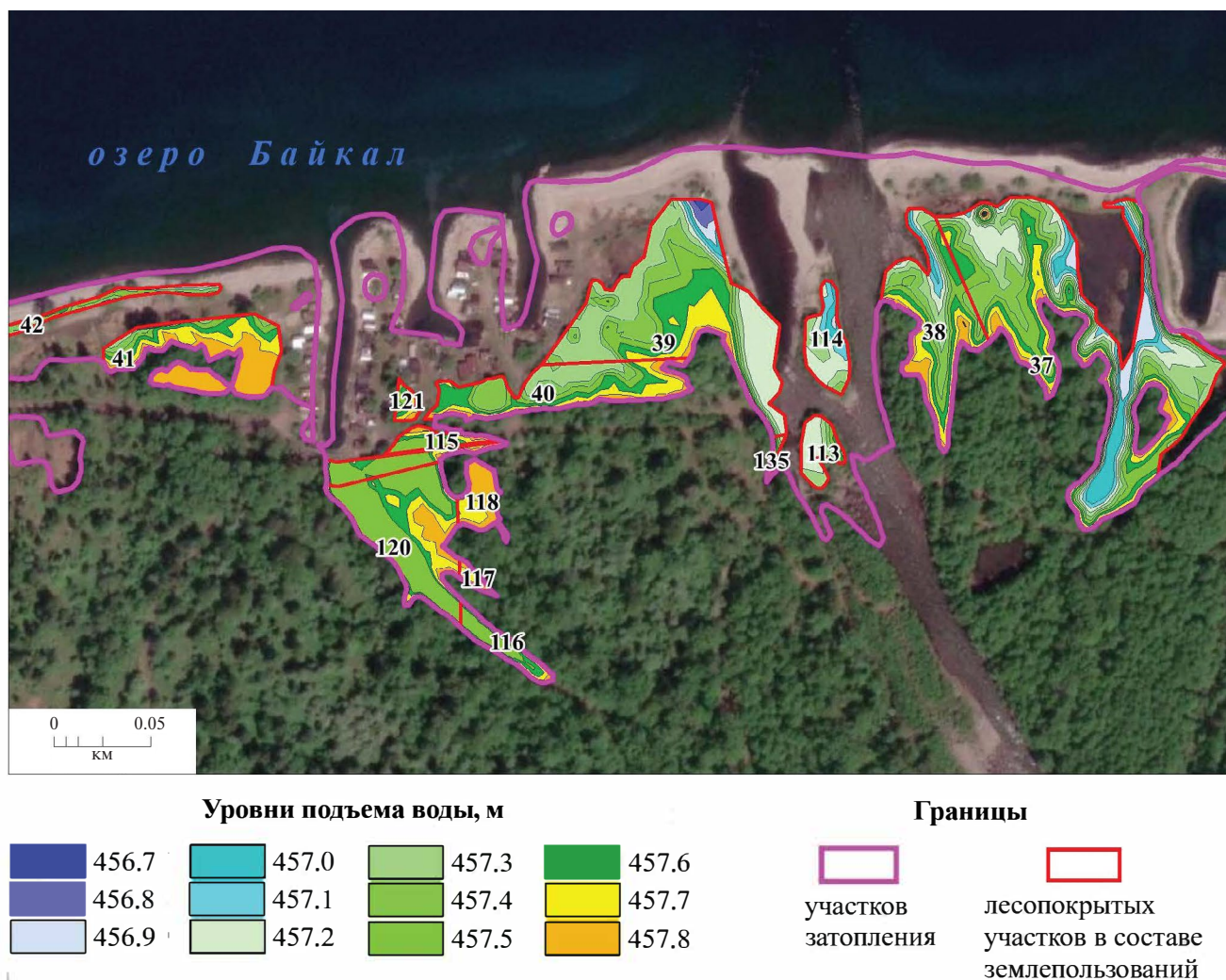


Рис. 2. Фрагмент карты “Уровни потенциального подъема воды в границах участков негативного воздействия вод (на примере части Слюдянского района Иркутской области)”.

менее 20% приходится на прочие ресурсы леса (пищевые, недревесные и лекарственные).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определено, что рассчитанные величины ПЭУ на участках негативного воздействия вод, зависят от многих факторов: площади лесопокрываемого участка, его лесотаксационных характеристик, вида негативного воздействия вод на леса, оцениваемых видов лесных ресурсов. Результаты исследования показали, что наибольший вклад в общий ПЭУ вносит ущерб в результате гибели или повреждений древесных ресурсов. Наибольший ПЭУ от потенциальной гибели или повреждения лесов в целом отмечен на затопляемых землях, однако удельный размер его на единицу лесопокрываемой площади максимальных значений достигает на абразионных участках за счет значительных рисков безвозвратной гибели лесов. Наибольшая площадь лесов на участках негативного воздействия вод находится в Слюдянском районе, однако мак-

симальный ущерб может быть достигнут в Иркутском районе за счет значительной площади произрастающих здесь лесов с высокими таксационными характеристиками.

Рассчитанные по 10-сантиметровым высотным уровням побережий оз. Байкал и Иркутского водохранилища значения площади лесопокрываемых земель и ПЭУ, показали высокую положительную корреляционную связь между ними и абсолютной высотой участка за счет ослабления с высотой негативного влияния вод.

Проведенная работа в значительной степени носит методический характер и основывается на действующем лесном законодательстве. Однако применение его показало необходимость внесения ряда изменений, например, в размеры ставок платы за единицу объема лесных ресурсов, которые в настоящее время являются крайне низкими, а также дополнения перечня видов лесных ресурсов новыми категориями с разработкой для них соответствующих такс. Стала очевидной необходимость разработки дополнительных методик по оценке продуктивности

Таблица 4. ПЭУ по уровням подъема воды на лесопокрытых участках в границах землепользований

Номер участка	Кадастровый номер землепользования*	Категория земель*	Разрешенное использование**	Запас древесины, м³	Уровень подъема воды, м									
					457.0—457.1	457.0—457.2	457.0—457.3	457.0—457.4	457.0—457.5	457.0—457.6	457.0—457.7	457.0—457.8	457.0—457.85	
					ПЭУ, руб.									
37	38:25:000000:1684	ЗНП	РН; ОТ	213.5	14759.9	25623.5	51093.6	81447.7	111501.2	143129.0	168717.0	187510.1	203156.2	
38	38:25:020103:0	—***	—	27.7	650.7	1684.2	3253.1	6568.4	11201.7	15444.1	19708.4	23217.9	27003.3	
39	38:25:020102:354	ЗНП	ОЭЗ ТРТ	64.6	828.6	1438.9	11341.6	26658.9	36772.6	45122.0	54001.1	59272.3	60933.1	
40	38:25:020102:4917	ЗНП	ОРН ОЭЗ	39.1	0.0	0.0	0.0	6086.5	13761.2	18028.0	25855.7	32120.4	37332.2	
41	38:25:020102:4917	ЗНП	ОРН ОЭЗ	22.8	0.0	0.0	0.0	371.1	1324.9	3051.4	5893.4	10310.8	22235.7	
42	38:25:020102:4918	ЗНП	ОРН ОЭЗ	7.8	0.0	102.7	364.6	3088.6	4904.0	6881.3	7612.0	7612.0	7612.0	
113	38:25:020103:0	—	—	2.7	0.0	0.0	1338.7	2063.8	2255.6	2452.1	2593.9	2626.8	2626.8	
114	38:25:020103:0	—	—	4.2	519.1	1344.1	2954.9	4013.7	4186.3	4186.3	4186.3	4186.3	4186.3	
115	38:25:020102:354	ЗНП	ОРН ОЭЗ	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2430.4	3374.5	4297.0	5264.0	
116	38:25:020102:5059	ЗНП	ОРН ОЭЗ	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3286.1	4738.8	5981.5	7192.8	
117	38:25:020102:5059	ЗНП	ОРН ОЭЗ	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	573.8	1673.3	
118	38:25:020102:5059	ЗНП	ОРН ОЭЗ	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	1994.3	7833.2	
119	38:25:020102:4917	ЗНП	ОРН ОЭЗ	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6319.3	7276.0	8055.6	9227.1	
120	38:25:020102:5039	ЗНП	ОРН ОЭЗ	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22428.5	28558.4	34462.6	39908.2	
121	38:25:020102:4917	ЗНП	ОРН ОЭЗ	1.6	0.0	0.0	0.0	2.6	72.2	501.3	937.0	1384.8	1567.3	
135	38:25:020102:4918	ЗНП	—	0.7	0.0	0.0	0.0	29.4	111.8	171.7	252.1	357.9	726.3	

Примечания. *Категории земель даны в соответствии с открытыми данными публичной кадастровой карты. Категория земель: ЗНП — земли населенных пунктов. **Разрешенное использование: РН ОТ — для рекреационного назначения, территории отдыха и туризма; ОЭЗ ТРТ — под особую экономическую зону туристско-рекреационного типа; ОРН ОЭЗ — для размещения объектов рекреационного назначения под особую экономическую зону туристско-рекреационного типа. ***Категории земель и (или) разрешенное использование по данным публичной кадастровой карты не определены.

¹ <https://egrp365.org/map/> (дата обращения 25.05.2024).

Таблица 5. Распределение ПЭУ на лесопокрытых участках по видам лесных ресурсов

Номер участка	Площадь лесопокрытая, м ²	ПЭУ всего, руб.	ПЭУ по видам лесных ресурсов, руб.											
			Древесина	Медопродук- тивность	Березовый сок	Кедровые орехи	Ягоды	Грибы	Папоротник	Лекарственные растения	Лесная подстилка	Древесная зелень	Сучья	Кора
37	8539.6	203156.2	175489.2	26.6	1325.3	586.9	391.7	71.0	0.0	1353.2	4188.4	309.5	19303.8	110.6
38	2773.1	27003.3	22794.6	11.7	830.0	32.3	0.0	23.1	0.0	0.0	741.4	48.6	2507.4	14.4
39	5870.2	60933.1	53078.3	69.5	455.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1313.4	144.3	5838.6	33.4
40	2442.5	37332.2	32123.2	674.3	135.4	0.0	0.0	20.3	0.0	0.0	759.1	66.1	3533.6	20.2
41	2283.5	22235.7	18770.0	9.6	683.4	26.6	0.0	19.0	0.0	0.0	610.5	40.0	2064.7	11.8
42	781.7	7612.0	6425.6	3.3	234.0	9.1	0.0	6.5	0.0	0.0	209.0	13.7	706.8	4.0
113	530.0	2626.8	2178.4	8.3	73.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.1	7.6	239.6	1.4
114	844.7	4186.3	3471.6	13.3	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.1	12.1	381.9	2.2
115	392.3	5264.0	4514.8	1.5	104.4	8.9	0.0	3.3	0.0	0.0	122.4	9.3	496.6	2.8
116	536.1	7192.8	6169.0	2.1	142.6	12.2	0.0	4.5	0.0	0.0	167.2	12.7	678.6	3.9
117	124.7	1673.3	1435.1	0.5	33.2	2.8	0.0	1.0	0.0	0.0	38.9	3.0	157.9	0.9
118	583.8	7833.2	6718.3	2.3	155.3	13.3	0.0	4.9	0.0	0.0	182.1	13.8	739.0	4.2
119	687.7	9227.1	7913.8	2.7	183.0	15.6	0.0	5.7	0.0	0.0	214.5	16.3	870.5	5.0
120	2974.3	39908.2	34228.0	11.6	791.3	67.6	0.0	24.7	0.0	0.0	927.9	70.4	3765.1	21.6
121	180.4	1567.3	1334.5	0.5	40.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	40.2	2.9	146.8	0.8
135	64.9	726.3	586.6	37.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.4	1.3	64.5	0.4

видов лесных ресурсов в разрезе лесорастительных районов страны, а также новой методики по оценке экономических ущербов от вредного воздействия вод, которая бы в полной мере отвечала задачам комплексной оценки ущерба в отношении не только сырьевых, но и важнейших экологических характеристик леса.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена по темам НИР: “Цифровое атласное картографирование развития общества и природы регионов Северной и Северо-Восточной Азии” (№ AAAA-A21-121012190063-2); “Оценка тенденций изменений природных и социально-хозяйственных систем прибрежных территорий Иркутской области при влиянии колебаний уровня озера Байкал” (№ 122010800014–7).

FUNDING

The work was carried out on the scientific topics: “Digital Atlas Mapping of the Development of Society and Nature in the Regions of North and North-East Asia” (no. AAAA-A21-121012190063-2); “Assessment of Trends in Changes in Natural and Socio-Economic Systems of Coastal Areas of the Irkutsk Region under the Influence of Fluctuations in the level of Lake Baikal” (no. 122010800014–7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Байкал. Атлас. М.: Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. 160 с.

Бахтенко Е.Ю. Аутоэкологический подход к физиологическому ответу растительности к затоплению и засухе (регуляторные аспекты). Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Вологда, 2001. 38 с.

Болгов М.В., Бубер А.Л., Коробкина Е.А. Водные ресурсы озера Байкал и возможные стратегии управления его уровнем режимом // Водное хозяйство России. 2017. № 3. С. 89–102.
<https://doi.org/35567/1999-4508-2017-3-6>

Булко Н.И., Москаленко Н.В., Шабалева М.А., Машков И.А. Влияние избыточного увлажнения почв на фотосинтезирующую составляющую ассимиляционного аппарата древесных растений // Тр. Белорус. гос. технол. ун-та. 2013. № 1. С. 64–66.

Гагаринова О.В., Заборцева Т.И. Исследование влияния колебаний уровня озера Байкал на прибрежные территории // Водные ресурсы. 2022. № 6. С. 59–69.
https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_4

Гармаев Е.Ж., Цыренов Б.З. Уровень режим озера Байкал: состояние и перспективы в новых условиях регламентации // Вестн. Бурятского гос. ун-та. Биология. География. 2019. № 4. С. 37–43.

Горбачев В.Н., Бабинцева Р.М., Карпенко Л.В., Карпенко В.Д. Негативное влияние крупных водохрани-

- лиц на окружающую среду // Ульяновский медицинко-биологический журн. 2012. № 2. С. 7–16.
- Денисов А.К., Незабудкин Г.Н., Смирнов В.Н. О влиянии подтопления на состояние лесных насаждений // Сб. тр. Поволжск. лесотехн. ин-та. 1958. № 53. 19 с.
- Дьяконов К.Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 128 с.
- Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Влияние Камского водохранилища на леса прибрежной зоны // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1967. № 4. С. 67–75.
- Касимов Д.В., Касимов В.Д. Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) лесных насаждений в практике природопользования. М.: Мир науки, 2015. 91 с.
- Козырева Е.А., Кадетова А.В., Рыбченко А.А., Пеллинен В.А., Светлаков А.А., Тарасова Ю.С. Типизация и современное состояние берегов озера Байкал // Водные ресурсы. 2020. Т. 4. № 4. С. 453–465.
- Краткий словарь основных лесоводственно-экономических терминов / В.В. Острошенко. Уссурийск: РИО Приморской ГСХА, 2005. 161 с.
- Лесохозяйственный регламент Иркутского лесничества Иркутской области // “Областная”. 2018. № 120. 26 октября 2018 г.
- Лесохозяйственный регламент Таштыпского лесничества Республики Хакасия. Красноярск, 2013. 180 с.
- Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий. М.: ФГУП “ВИЭМС”, 2006. 97 с.
- Орлов И.И., Рябчук В.П. Березовый сок. М.: Лесная промышленность, 1982. 566 с.
- Основные положения организации и развития лесного хозяйства Иркутской области. Иркутск: Прибайкальское лесоустроительное предприятие, 1980. 506 с.
- Оценки экономических ущербов в связи с изменением уровня озера Байкал. Ч. 1 / отв. ред. А.К. Тулохонов / Гидроэнергетика и Байкал. В 2-х частях. СО РАН. Байкальский институт рационального природопользования. Региональная научно-техническая программа “Сибирь”. Улан-Удэ, 1996. 55 с.
- Пономарев А.В. Эколого-ценотическая проиуроченность и продуктивность папоротника орляка сонового *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill на юге Приенисейской Сибири. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2013. 21 с.
- Потемкина Т.Г. Литодинамика прибрежной зоны озера Байкал. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2000. 17 с.
- Природа. Техника. Геотехнические системы / отв. ред. В.С. Преображенский. М.: Наука, 1975. 146 с.
- Растительность юга Восточной Сибири (карта масштаба 1 : 500000). М.: ГУГК, 1972. 4 л.
- Решетникова Т.В. Формирование органического вещества почвы в культурах основных лесобразующих пород Сибири. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2015. 16 с.
- Сизых А.П. Трансформация и восстановление растительности в Прибайкалье // Изв. Иркутск. ун-та. Серия “Науки о Земле”. 2021. Т. 37. С. 86–102.
- Ступин В.П., Пластинин Л.А., Олзоев Б.Н. Морфодинамическое исследование и геоинформационное картографирование зоны влияния Иркутского водохранилища // Интерэкспо “ГЕО-Сибирь”. Иркутск, 2018. № 1. С. 221–229.
- Сулейманова Ж.Р., Спицына Н.Т. Влияние строительства гидротехнических сооружений на лесные экосистемы // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 3. С. 114–119.
- Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины) / Л.Е. Курлович, В.Н. Косицын. Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. 282 с.
- Угрюмов Б.И., Даниленко О.К. Прогноз изменения древесной растительности под влиянием затопления ложа Богучанского водохранилища // Лесной вестн. 2007. № 4. С. 32–37.
- Филькин Т.Г. Состояние почвенно-растительного покрова в зоне подтопления Камским водохранилищем. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2011. 24 с.
- Чевердин Ю.И., Ахтямов А.Г., Сауткина М.Ю. Влияние режима уровня грунтовых вод на биопродуктивность древесных пород в лесных полосах Каменной Степи // Живые и биокосные системы. 2018. № 24.
<https://doi.org/10.18522/2308-9709-2018-24-3>
- Чепинога В.В. Разнообразие растительности Иркутской области с позиции флористической классификации: предварительный обзор классов // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Серия “Биология. Экология”. 2015. Т. 12. С. 2–19.
- Шевцова Н.Е. Медоносные ресурсы Западного Забайкалья и перспективы их использования // Растительные ресурсы Забайкалья и их использование: сб. ст. Улан-Удэ: БФСО АН СССР, 1987. С. 62–82.
- Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 1. Услуги наземных экосистем / ред.-сост. Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолотчиков. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.
<https://doi.org/10.31857/S0044459620060068>
- Armstrong W., Brandle R., Jackson M.B. Mechanisms of flood tolerance in plants // Acta Botanica Neerlandica. 1994. Vol. 43. P. 307–358.
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1994.tb00756.x>
- de Bello F., Mudrak O. Plant traits as indicators: Loss or gain of information? // Appl. Vegetation Sci. 2013. № 16. P. 353–354.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12035>
- Garssen A.G., Baattrup-Pedersen A., Riis T., Raven B.M., ris-tian Hoffman C.Ch., Verhoeven J.T.A., Soons M.B. Effects of increased flooding on riparian vegetation: Field experiments simulating climate change along five Eu-

- ropean lowland streams // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. № 8. P. 3052–3063.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13687>
- Garssen A.G., Baattrup-Pedersen A., Voeselek L.A., Verhoeven J.T., Soons M.B. Riparian plant community responses to increased flooding: A meta-analysis // *Global Change Biology*. 2015. Vol. 21. № 8. P. 2881–2890.
<https://doi.org/10.1111/gcb.12921>
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. In: Synthesis Report. Washington: Island Press, 2005. 160 p.
- Ström L., Jansson R., Nilsson C., Johansson M.E., Xiong S. Hydrologic effects on riparian vegetation in a boreal River: An experiment testing climate change predictions // *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17. P. 254–267.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02230.x>
- Violle C., Bonis A., Plantegenest M., Cudennec C., Damgaard C., Marion B., Bouzillé J.B. Plant functional traits capture species richness variations along a flooding gradient // *Oikos*. 2011. Vol. 120. P. 389–398.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18525.x>

Assessment of Economic Damage Caused by Negative Impact of Water on the Raw Material Potential of Forests on the Coasts of Lake Baikal and the Irkutsk Reservoir

E. L. Makarenko*

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

*e-mail: elmakarenko@bk.ru

The purpose of the study is to analyze the current state of forest vegetation on the shores of the Irkutsk Reservoir and Lake Baikal, to calculate the direct economic damage as a result of possible direct losses of forests due to the negative impact of water on flooded and abrasion areas. The relevance of the study is determined by the need to minimize the damage to the coastal forests when water levels in the reservoirs change by introducing changes in the rules for the use of water resources, land use, forest management, etc. The main research methods were: geobotanical, forest taxation, geoinformation, expert, etc. The damage was determined in relation to the forest vegetation actually growing in 2022–2023, it is of a potential nature and does not reflect the damage from its death or damage in previous years. The calculation of damage was made in relation to wood resources, tree greens, bark, forest litter, mushrooms, berries, nuts, birch sap, medicinal plants, etc. To calculate it, standard payment rates per unit volume of forest resources were used. In turn, the determination of the volume of forest resources was based on indicators of biological productivity calculated using regional methods. The study made it possible to determine and map the distribution of forested areas within land categories and individual land uses, the qualitative characteristics of forests, and the economic damage by forest resource types at potential water rise levels. Among the municipalities, the highest values of economic damage were noted in the Irkutsk district due to the high taxation characteristics of forests, mostly located on the abrasion banks of the Irkutsk Reservoir. The quantitative parameters of the trend toward an increase in forest area and economic damage were determined depending on the increase in the absolute altitude of the terrain. This trend is especially pronounced for the coasts of the Irkutsk Reservoir, where from an altitude of 457.0 m to 457.85 cm, for every 10 cm of relief cross-section height, the forest area increases by 5603.1–7344.7 m², and the economic damage increases by RUB 85879.2–125512.1. For the shores of Lake Baikal, the trend of a steady increase in these indicators is disrupted after the 457.4 m mark, which is associated with the peculiarities of the geomorphological structure of the lake shores and the specific development of steppe (Olkhon region) and swampy forest vegetation complexes.

Keywords: flooding, abrasion, waterlogging, forest productivity, land categories, timber forest resources, non-timber forest resources, food forest resources

REFERENCES

- Armstrong W., Brandle R., Jackson M.B. Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Bot. Neerl.*, 1994, vol. 43, pp. 307–358.
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1994.tb00756.x>
- Bakhtenko E.Yu. Autoecological approach to the physiological response of vegetation to flooding and drought (regulatory aspects). *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Vologda, 2001. 38 p.
- Baikal. Atlas* [Baikal. Atlas]. Moscow: Fed. Sluzhba Geodezii i Kartografii Rossii, 1993, 160 p.
- de Bello F., Mudrak O. Plant traits as indicators: Loss or gain of information? *Appl. Veg. Sci.*, 2013, no. 16, pp. 353–354.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12035>
- Bolgov M.V., Buber A.L., Korobkina E.A. Water resources of Lake Baikal and possible strategies for managing its level regime. *Vodn. Khoz. Rossii*, 2017, no. 3, pp. 89–102. (In Russ.).
<https://doi.org/35567/1999-4508-2017-3-6>

- Bulko N.I., Moskalenko N.V., Shabaleva M.A., Mashkov I.A. The influence of excessive soil moisture on the photosynthetic component of the assimilation apparatus of woody plants. *Tr. Belarus. Gos. Tekhnol. Univ.*, 2013, no. 1, pp. 64–66. (In Russ.).
- Chepinoga V.V. Vegetation diversity of the Irkutsk region from the position of floristic classification: A preliminary review of classes. *Izv. Irkutsk. Gos. Univ., Ser. Biol. Ekol.*, 2015, vol. 12, pp. 2–19. (In Russ.).
- Cheverdin Yu.I., Akhtyamov A.G., Sautkina M.Yu. Influence of groundwater level regime on the bioproductivity of tree species in the forest belts of the Kamenaya Steppe. *Zhiv. Biokos. Sist.*, 2018, no. 24. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18522/2308-9709-2018-24-3>
- Ecosystem Services of Russia: Prototype of the National Report. T. 1. Terrestrial ecosystem services. Bukhareva E.N., Zamolodchikov D.G., Eds. Moscow: Izd-vo Tsentra Okhrany Dikoi Prirody, 2016. 148 p.
<https://doi.org/10.31857/S0044459620060068>
- Filkin T.G. The state of the soil and vegetation cover in the zone of flooding by the Kama reservoir. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Perm, 2011. 24 p.
- Gagarinova O.V., Zabortseva T.I. A Study of the Lake Baikal level fluctuations on coastal territories). *Vodn. Resur.*, 2022, no. 6, pp. 59–69. (In Russ.).
https://doi.org/10.35567/19994508_2022_6_4
- Garmayev E.Zh., Tsyrenov B.Z. Level regime of Lake Baikal: state and prospects in the new conditions of regulation. *Vestn. Buryat. Gos. Univ.: Biol. Geogr.*, 2019, no. 4, pp. 37–43. (In Russ.).
- Garssen A.G., Baattrup-Pedersen A., Riis T., Raven B.M., Hoffman C.Ch., Verhoeven J.T. A., Soons M.B. Effects of increased flooding on riparian vegetation: Field experiments simulating climate change along five European lowland streams. *Glob. Change Biol.*, 2017, vol. 23, no. 8, pp. 3052–3063.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13687>
- Garssen A.G., Baattrup-Pedersen A., Voesenek L.A., Verhoeven, J. T., Soons M.B. Riparian plant community responses to increased flooding: A meta-analysis. *Glob. Change Biol.*, 2015, vol. 21, no. 8, pp. 2881–2890.
<https://doi.org/10.1111/gcb.12921>
- Gidroeenergetika i Baykal. Ch. 1: Otsenki ekonomicheskikh ushcherbov v svyazi s izmeneniem urovnya ozera Baikal* [Hydropower and Baikal. Part 1: Estimates of Economic Damage due to Changes in the Level of Lake Baikal]. Tulokhonov A.K., Ed. Ulan-Ude: Baykal. Inst. Ratsional'. Prirodopol'zov., 1996. 55 p.
- Gorbachev V.N., Babintseva R.M., Karpenko L.V., Karpenko V.D. Negative impact of large reservoirs on the environment. *Ul'yanov. Mediko-Biol. Zh.*, 2012, no. 2, pp. 7–16. (In Russ.).
- Denisov A.K., Nezabudkin G.N., Smirnov V.N. On the influence of flooding on the condition of forest plantations. In *Sb. tr. Povolzhsk. lesotekhn. in-ta. Vyp. 53* [Collection of Works of the Volga State University. Vol. 53], 1958. 19 p. (In Russ.).
- Dyakonov K.N. *Vliyanie krupnykh ravninnykh vodokhranilishch na lesa pribrezhnoi zony* [The Influence of Large Lowland Reservoirs on the Forests of the Coastal Zone]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 128 p.
- Dyakonov K.N., Reteyum A.Yu. The influence of the Kama Reservoir on forests in the coastal zone. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1967, no. 4, pp. 67–75. (In Russ.).
- Kasimov D.V., Kasimov V.D. *Nekotorye podkhody k otsenke ekosistemnykh funktsii (uslug) lesnykh nasazhdenii v praktike prirodopol'zovaniya* [Some Approaches to Assessing Ecosystem Functions (Services) of Forest Plantations in Environmental Management Practice]. Moscow: Mir nauki Publ., 2015. 91 p.
- Kozyreva E.A., Kadetova A.V., Rybchenko A.A., Pelling V.A., Svetlakov A.A. Typification and the current state of Baikal Lake shore. *Water Resour.*, 2020, vol. 47, pp. 651–662.
<https://doi.org/10.1134/S0097807820040077>
- Kratkii slovar' osnovnykh lesovodstvenno-ekonomicheskikh terminov* [A Brief Dictionary of Basic Forestry and Economic Terms]. Ostroshenko V.V., Ed. Ussuriysk: Izd-vo Primor. Gos. Sel'skokhoz. Akad., 2005. 161 p.
- Lesokhozyaystvennyi reglament Irkutskogo lesnichestva Irkutskoi oblasti. Vyp. 120* [Forestry Regulations of the Irkutsk Forestry of the Irkutsk Region. Vol. 120]. Irkutsk: Oblastnaya Publ., 2018.
- Lesokhozyaystvennyi reglament Tashtypskogo lesnichestva Respubliki Khakasiya* [Forestry Regulations of the Tashtyp Forestry of the Republic of Khakassia]. Krasnoyarsk, 2013. 180 p.
- Metodika otsenki veroyatnostnogo ushcherba ot vrednogo vozddeystviya vod i otsenki effektivnosti osushchestvleniya preventivnykh vodokhozyaystvennykh meropriyatiy* [Methodology for Assessing the Probable Damage from the harmful Effects of Water and Assessing the Effectiveness of the Implementation of Preventive Water Management Measures]. Moscow: FGUP "VIEMS", 2006. 97 p.
- Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being. In *Synthesis Report*. Washington: Island Press, 2005. 160 p.
- Orlov I.I., Ryabchuk V.P. *Berezovyi sok* [Birch Sap]. Moscow: Lesnaya promyshlennost'. Publ., 1982. 566 p.
- Osnovnye polozheniya organizatsii i razvitiya lesnogo khozyaystva Irkutskoi oblasti* [Basic Provisions for the Organization and Development of Forestry in the Irkutsk Region]. Irkutsk: Pribaikal. Lesoustroitel'noe Predpr., 1980. 506 p.
- Ponomarev A.V. Ecological and cenotic confinement and productivity of the pine bracken fern *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill in the south of the Yenisei Siberia. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Krasnoyarsk, 2013. 21 p.
- Potemkina T.G. Lithodynamics of the coastal zone of Lake Baikal. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*: 11.00.04. Irkutsk, 2000. 17 p.

- Priroda. Tekhnika. Geotekhnicheskie sistemy* [Nature. Technique. Geotechnical Systems]. Preobrazhenskii V.S., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1975. 146 p.
- Rastitel'nost' yuga Vostochnoi Sibiri (karta masshtaba 1:500000)* [Vegetation of the South of Eastern Siberia (Scale 1:500000)]. Moscow: GUGK, 1972. 4 p.
- Reshetnikova T.V. Formation of soil organic matter in the cultures of the main forest-forming species of Siberia. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Krasnoyarsk, 2015. 16 p.
- Shevtsova N.E. Honey resources of Western Transbaikalia and prospects for their use. In *Rastitel'nye resursy Zabaikal'ya i ikh ispol'zovanie* [Plant Resources of Transbaikalia and Their Use]. Ulan-Ude: BFSO AN SSSR, 1987, pp. 62–82. (In Russ.).
- Sizykh A.P. Transformation and restoration of vegetation in the Baikal region. *Izv. Irkut. Univ., Ser. Nauki Zemle*, 2021, vol. 37, pp. 86–102. (In Russ.).
- Ström L., Jansson R., Nilsson C., Mats E.J., Xiong S. Hydrologic effects on riparian vegetation in a boreal River: An experiment testing climate change predictions. *Glob. Change Biol.*, 2011, vol. 17, pp. 254–267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02230.x>
- Stupin V.P., Plastinin L.A., Olzoev B.N. Morphodynamic study and geoinformation mapping of the zone of influence of the Irkutsk reservoir. In *Interekspo "GEO-Sibir"*. No. 1 [Interekspo "GEO-Siberia". No. 1]. Irkutsk, 2018, pp. 221–229. (In Russ.).
- Suleimanova Zh.R., Spitsyna N.T. Influence of the construction of hydraulic structures on forest ecosystems. *Vestn. KrasGAU., Ser. Ekol.*, 2012, no. 3, pp. 114–119. (In Russ.).
- Taksatsionnyi spravochnik po lesnym resursam Rossii (za isklucheniye drevesiny)* [Taxation Reference Book on Forest Resources of Russia (Except for Wood)]. Kurlovich L.E., Kositsyn V.N., Eds. Pushkino: VNIILM, 2018. 281 p.
- Ugryumov B.I., Danilenko O.K. Forecast of changes in tree vegetation under the influence of flooding of the bed of the Boguchansky reservoir. *Lesn. Vestn.*, 2007, no. 4, pp. 32–37. (In Russ.).
- Violle C., Bonis A., Plantegenest M., Cudennec C., Damgaard C., Marion B., Bouzillé J.B. Plant functional traits capture species richness variations along a flooding gradient. *Oikos*, 2011, vol. 120, pp. 389–398. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18525.x>