

Устойчивое развитие КГУП «Примтеплоэнерго» в г. Находка, Приморский край, в аспекте причиненного эколого-экономического ущерба окружающей среде в результате аварии на топливном складе

Вера Николаевна МАКАРОВА*
Ирина Вячеславовна ИСАЕВА**

Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

Аннотация

Актуальность работы. Аварийные разливы нефтепродуктов относятся к наиболее опасным антропогенным воздействиям на водные объекты, вызывая комплексное нарушение экологического баланса, снижение биопродуктивности и утрату биоразнообразия. Авария на топливном складе КГУП «Примтеплоэнерго» в г. Находка, приведшая к загрязнению озера Соленое, нанесла значительный эколого-экономический ущерб и негативно отразилась на устойчивом развитии предприятия. В этих условиях оценка последствий инцидента и разработка компенсационных мер являются актуальной задачей.

Цель работы – оценить устойчивое развитие КГУП «Примтеплоэнерго» на основе расчета эколого-экономического ущерба водным ресурсам озера Соленое, вызванного аварийным разливом нефтепродуктов, и разработать рекомендации по минимизации экологического ущерба и его экономических последствий для предприятия.

Методы исследования. В работе применялись анализ, синтез, дедукция, индукция и конкретизация. Расчет эколого-экономического ущерба выполнен в соответствии с утвержденной Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам (Приказ Минприроды России № 87 от 13.04.2009 г.). Проведен анализ причин и последствий аварии, а также современных подходов к предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов.

Результаты работы и выводы. Установлено, что авария привела к токсическому поражению гидробионтов, долгосрочному риску вторичного загрязнения грунтовых вод, экономическому ущербу, рассчитанному по данным предприятия, в размере 139,9 млн руб., и социальным последствиям. В качестве компенсационных мер предложены биоремедиация донных отложений и рекультивация береговой линии. Ключевые рекомендации для обеспечения устойчивого развития предприятия включают модернизацию инфраструктуры, разработку адаптированного плана ликвидации аварийных разливов нефти и переход на проактивную модель управления рисками. Реализация этих мер направлена на восстановление экосистемы и обеспечение долгосрочной стабильности предприятия.

Ключевые слова: устойчивое развитие, эколого-экономический ущерб, водный объект, предупреждение аварий, воздействие на окружающую среду, ликвидация разливов нефтепродуктов.

Введение

Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей и предприятий направлено на обеспечение долгосрочной стабильности и конкурентоспособности предприятий в условиях постоянно меняющейся внешней среды. Оно базируется на ряде принципов. Одним из ключевых является принцип баланса между экономической, социальной и экологической устойчивостью. Результаты экономической деятельности должны использоваться для повышения уровня социального развития, а производство – осуществляться с минимальным негативным влиянием на окружающую среду.

Адаптация к изменениям. Предприятие должно уметь приспосабливаться к внешним и внутренним воздействиям, вносить изменения в ход реализации целей.

Однако не всегда получается удерживать данный баланс. Одним из элементов, который резко выводит предприятие из данного вида баланса, является авария. При этом если предприятие относится к экологически опасным объектам, то изменение данного баланса мгновенно приводит к серьезным последствиям в экономических, социальных и экологических аспектах деятельности предприятия.

*boyikova@mail.ru

** <https://orcid.org/0000-0001-5873-1015>

**Isaeva_Irina@edu.vvstu.ru

*** <https://orcid.org/0000-0002-5629-5851>

Рассмотрим данные аспекты деятельности предприятия на примере Краевого государственного унитарного предприятия «Примтеплоэнерго» в г. Находка, Приморский край (КГУП «Примтеплоэнерго»).

Устойчивое развитие предприятия – это подход к управлению, который учитывает экономические, социальные и экологические аспекты, стремится к сбалансированному удовлетворению потребностей текущего поколения без ущерба для будущих поколений.

Загрязнение водных объектов нефтью и нефтепродуктами (ННП) представляет собой одну из наиболее серьезных экологических угроз современности, что подтверждается многочисленными исследованиями. Опасность такого загрязнения носит комплексный и многоуровневый характер, затрагивая как саму водную экосистему, так и связанные с ней ресурсы и здоровье человека.

Ключевые механизмы негативного воздействия нефти на гидробионты и водные экосистемы были детально рассмотрены М. Д. Демельхановым, З. П. Оказовой, И. М. Чупановой [1, 2]. Их исследования подчеркивают, что основными путями причинения вреда являются физическое удушье (образование нефтяной пленки, препятствующей газообмену) и токсичность компонентов нефти. Образование нефтяной пленки на поверхности воды блокирует газообмен между атмосферой и водной толщей, приводя к дефициту кислорода и накоплению углекислого газа, что губительно для аэробных организмов. Одновременно токсичные компоненты нефти, особенно легкие фракции (бензол, толуол, ксиолы) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), оказывают прямое отравляющее действие на живые организмы. Авторы подчеркивают, что наиболее уязвимыми к такому воздействию являются именно организмы, обитающие в водной среде, – от микроскопического планктона, составляющего основу пищевых цепей, до рыб, птиц и млекопитающих. Пленка нефти также резко снижает проникновение света в воду, угнетая фотосинтез фитопланктона и водных растений, что подрывает продуктивность всей экосистемы. Долгосрочную угрозу представляет способность ПАУ к биоаккумуляции в тканях организмов и биомагнификации по трофическим цепям, приводя к хроническим отравлениям, нарушениям репродуктивной функции, канцерогенным и мутагенным эффектам даже при относительно низких исходных концентрациях загрязнителя в воде. Хотя М. Д. Демельханов и соавторы [1] отмечают значительную способность экосистем к естественному восстановлению после разливов и маловероятность длительного ущерба в большинстве случаев (особенно при оперативном реагировании), они делают важную оговорку: «Существенная длительность ущерба становится вероятной в географически изолированных районах», где природные условия (низкие температуры, отсутствие течений, особенности береговой линии) способствуют сохранению скоплений нефти на долгие годы.

Опасность разливов ННП не ограничивается прямым воздействием на поверхностные воды. Критически важным аспектом, детально исследованным И. В. Кумпаненко, Н. А. Ивановой, Н. Ю. Ковалевой, Н. А. Сахаровой и др. [2], является процесс просачивания (инфилтрации) разлитых нефтепродуктов в грунты. Это явление служит

основной причиной вторичного загрязнения – проникновения опасных углеводородов в грунтовые воды, которые часто являются источниками питьевого водоснабжения. Авторы однозначно идентифицируют углеводороды как одни из наиболее вредных и опасных органических загрязнителей как для окружающей среды, так и для здоровья человека. Экспериментальные исследования этой группы ученых, проведенные с различными типами ННП (бензин АИ-93, керосин, дизельное топливо, легкая и тяжелая нефть) и грунтов (пески разной зернистости, песчаная морена, торф), показали, что процесс инфильтрации характеризуется асимптотической зависимостью глубины проникновения от времени. Это означает, что скорость просачивания наиболее высока в начальный период после разлива, а затем постепенно снижается, приближаясь к определенной предельной глубине. Эта предельная глубина напрямую связана с коэффициентом фильтрации системы грунт–жидкость. Исследователи установили обобщенную зависимость, показывающую, что даже при очень низких коэффициентах фильтрации (до 10^{-11} м/с) ННП способны проникать на значительные глубины за длительные периоды времени. Особую тревогу вызывает способность высокомолекулярных разветвленных и циклических углеводородов трансформироваться в окружающей среде под воздействием физико-химических и биологических факторов в еще более токсичные вещества, усиливая долгосрочный риск. Миграция токсикантов из почвы и грунтовых вод в сельскохозяйственные культуры создает дополнительный путь их поступления в организм человека.

Ущерб от загрязнения водных объектов ННП носит комплексный характер, охватывая экологические, экономические и социальные аспекты. Как справедливо отмечают Н. В. Костылева, В. И. Микишева, Т. В. Сорокина [3], ущерб от загрязнения водной среды включает в себя:

1. Фактические экологические потери: снижение биопродуктивности экосистем, гибель гидробионтов, разрушение мест обитания и нерестилищ, утрата биоразнообразия;

2. Экономические убытки: прямые потери в рыбном хозяйстве и аквакультуре, ущерб объектам водозабора и водопользования (охлаждение ТЭЦ, промышленные процессы), затраты на очистку воды для питьевых и технических нужд, падение рекреационной и туристической привлекательности территорий, снижение стоимости прибрежной недвижимости, расходы на ликвидацию последствий аварии и восстановительные работы;

3. Социальные издержки: ухудшение здоровья населения, связанное с потреблением загрязненной воды (как напрямую, так и через пищевую цепь – рыбу и морепродукты), купанием в загрязненных водоемах; затраты на медицинское обслуживание, потери от снижения трудоспособности и преждевременной смертности; ухудшение качества жизни населения, вынужденного жить на загрязненных территориях.

Критической проблемой, поднятой Н. В. Костылевой и соавторами [3], является отсутствие в России утвержденных современных методик комплексной стоимостной оценки всего спектра последствий экологического ущерба, включая ущерб водным ресурсам. Авторы констатируют, что даже базовые понятия «экологический ущерб» и

«предотвращенный экологический ущерб» не закреплены на уровне федерального законодательства, а существующие методики (например, «Методика определения предотвращенного экологического ущерба» 1999 г.) устарели, используют неактуальные нормативы удельного ущерба и не охватывают всех современных аспектов воздействия и видов потерь. Это существенно затрудняет объективную оценку масштабов катастроф, планирование эффективных восстановительных мер и взыскание компенсаций с виновников загрязнения.

Актуальность исследования связана с потребностью в точных расчетах эколого-экономического ущерба водным ресурсам при авариях на теплоэнергетических объектах для обоснования компенсационных выплат и разработки природоохранных мероприятий.

Научная новизна заключается в применении стандартных методик оценки ущерба водным ресурсам к аварийным разливам нефтепродуктов на объектах теплоэнергетики (на примере КГУП «Примтеплоэнерго»), что позволило разработать отраслевые рекомендации по минимизации экологического ущерба.

Цель работы состоит в оценке устойчивого развития КГУП «Примтеплоэнерго» (г. Находка, Приморский край) на основе расчета эколого-экономического ущерба водным ресурсам озера Соленое, вызванного аварийным разливом нефтепродуктов на топливном складе, и разработке рекомендаций по минимизации экологического ущерба и его экономических последствий для предприятия.

Задачи:

- анализ причин и последствий аварийного разлива нефтепродуктов на топливном складе КГУП «Примтеплоэнерго» и их влияния на устойчивое развитие предприятия;
- расчет эколого-экономического ущерба водным ресурсам озера Соленое в соответствии с утвержденной методикой;
- разработка экономически обоснованных рекомендаций по снижению экологического ущерба и связанных финансовых потерь предприятия на основе проведенных расчетов.

Объектом исследования является складирование нефтепродуктов на топливном складе котельной № 3.4 КГУП «Примтеплоэнерго», а предметом – негативное воздействие на окружающую среду, возникающее в результате аварии на данном объекте.

В ходе исследования применялись такие методы, как анализ, синтез, дедукция, индукция, конкретизация и измерение.

Основная часть. По данным открытых источников, 13 марта 2020 г. произошла авария на резервуаре № 6 ТСУ-2, являющимся технологическим оборудованием котельной № 3.4, эксплуатируемой КГУП «Примтеплоэнерго», в связи с нарушением требований к техническому состоянию технологических сооружений, повлекшим аварийный сброс нефтепродуктов в оз. Соленое с последующим попаданием в протоку, соединяющую оз. Соленое с р. Каменкой. Озеро Соленое расположено в Находкинском городском округе Приморского края. Площадь водоема – около 45 га. Максимальные глубины (4–5 м) отмечены в северной части, тогда как на остальной акватории они не превышают 1,0–1,5 м. Донные грунты представлены илистыми и илисто-песчаными отложениями.

Гидрологический режим характеризуется ледоставом (ноябрь–март) с толщиной льда до 80–90 см. Основной приток воды обеспечивает безымянный ручей (длина ≈ 3 км), а сток происходит через протоку, соединяющую озеро с р. Каменкой (впадает в залив Находка). Берега пологие, с развитой высшей водной растительностью (камыш, рогоз, тростник), особенно в летний период.

Ихиофауна включает амурского сазана (*Cyprinus carpio haematopterus*), серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*), озernого гольяна (*Phoxinus phoxinus*), амурского сома (*Parasilurus asotus*) и головешку-ротана (*Percottus glenii*). В период паводков отмечается заход молоди краснопёрки (*Tribolodon sp.*). Нерестилища сосредоточены в северной части озера (май–июль), однако молодь распределется по всей акватории.

Антропогенное влияние проявляется в прибрежной застройке и загрязнении отдельных участков, где тем не менее сохраняются нерестовые биотопы для сазана, карася и сома.

Эколого-экономический ущерб окружающей природной среде представляет собой совокупность фактических экологических, экономических и социальных потерь, возникающих вследствие нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности человека, а также стихийных экологических бедствий и катастроф.

Ущерб от загрязнения водных объектов включает прямые и косвенные убытки, связанные с повышенной заболеваемостью населения, ухудшением потребительских свойств воды, снижением биопродуктивности водных экосистем, а также дополнительными расходами на ликвидацию последствий загрязнения и восстановление качества воды.

После аварии надзорным органом в рамках мероприятий по установлению факта загрязнения произведены отборы проб воды озера Соленого, составлены заключения по результатам проведения лабораторных исследований, измерений и испытаний. Для проведения расчета использованы данные, отраженные в официальных документах, составленных по факту аварии и ее ликвидации. Загрязнение водного объекта в результате аварий органическими и неорганическими веществами, пестицидами и нефтепродуктами, исключая их поступление в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, исчисление размера вреда производится по формуле № 2 п. 13 Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, утвержденной Приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 г. № 87 (далее – Методика):

$$Y = K_{\text{вр}} \times K_b \times K_{\text{ин}} \times K_{\text{дл}} \times \text{SUM}_{i=1}^n H_i,$$

где Y – размер вреда, млн руб.; $K_{\text{вр}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, определяется в соответствии с п. 3 таблицы 1 приложения 1 Методики (период отбора – июнь), $K_{\text{вр}} = 1,10$; K_b – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), определяется в соответствии с п. 30 таблицы 2 приложения 1 Методики,

$K_b = 1,80$. Так как непосредственный вред причинен озеру Соленому, принимаем данный коэффициент равным 1,8; $K_{ин}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, значение которого определяются в соответствии с пунктом 11 Методики, $K_{ин} = 2,659$; $K_{д.п}$ – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации, определяется в соответствии с таблицей 4 приложения 1 Методики, $K_{д.п} = 5$; H_i – такса для исчисления размера вреда при загрязнении в результате аварий водных объектов i -м вредным (загрязняющим) веществом, определяется в зависимости от его массы M в соответствии с таблицей 8 приложения 1 Методики.

В соответствии с п. 24.3 Методики масса нефти и нефтепродуктов, попавших в водный объект, определяется по количеству собранных веществ нефтемусоросборными средствами. Общий объем поступления рассчитывается как сумма массы собранных нефтепродуктов и их остаточного количества в водном объекте после ликвидации разлива, включая поверхностные пленки и растворенные фракции;

$$M_h = M_{c.h} + M_{p.h} + M_{h.p},$$

где M_h – масса нефти и нефтепродуктов, поступивших в водный объект, т; $M_{c.h}$ – массы собранных нефти, нефтепродуктов, т; согласно данным, предоставленным юридическим лицом, масса собранного количества мазута из водного объекта $M_{c.h} = 7$ т; $M_{p.h}$ – масса нефти, нефтепродуктов, растворенных в воде водного объекта, оставшихся в водном объекте после проведения работ по ликвидации разлива, т; $M_{h.p}$ – масса нефти, нефтепродуктов, оставшихся в водном объекте после проведения работ по ликвидации разлива, в виде пленки нефтепродуктов, т.

Масса растворенных и (или) эмульгированных в воде водного объекта нефти, нефтепродуктов или других вредных (загрязняющих) веществ определяется по формуле № 16:

$$M_{p.h} = C_{p.h} \cdot V \cdot 10^{-6},$$

где $C_{p.h}$ – средняя (из анализов в 4–6 точках разлива) концентрация растворенных и (или) эмульгированных в воде водного объекта нефти, нефтепродуктов или других вредных (загрязняющих) веществ под слоем разлива на глубине до 1 м,

$$C_{p.h} = (0,09 + 38 + 0,09 + 0,67 + 14 + 0,15 + 0,51)/7 = 7,55814 \text{ мг/м}^3;$$

V – объем воды в водном объекте, загрязненном растворенными и (или) эмульгированными нефтью, нефтепродуктами или другими вредными (загрязняющими) веществами, определяется по формуле № 17:

$$V = h \cdot S = 45\,000 \cdot 1,044 = 46\,980 \text{ м}^3;$$

h – средняя (не менее трех измерений) глубина воды в водном объекте, загрязненной растворенными нефтью, нефтепродуктами и другими вредными (загрязняющими) веществами, определенная на основании протоколов

лабораторных исследований, $h = 1,044$ м (заключения по результатам проведения лабораторных исследований); S – площадь акватории водного объекта, загрязненной разлитой нефтью, нефтепродуктами или другими вредными (загрязняющими) веществами, $S = 45\,000 \text{ м}^2$ (площадь загрязненной акватории озера Соленое); 10^{-6} – коэффициент перевода массы вредных (загрязняющих) веществ в т;

$$M_{p.h} = 7,55814 \cdot 46\,980 \cdot 10^{-6} = 355081,4172 \cdot 10^{-6} = 0,3550814172 \text{ т.}$$

В связи с тем, что на момент обследования акватории озера Соленое после завершения работ по ликвидации последствий разлива 10 июня 2020 г. фактически не определяются участки разлива, а на поверхности озера по всей площади наблюдаются серые пленки серебристого налета с признаками цветности при волнении, массу пленки нефти, нефтепродуктов в воде водного объекта определяем в соответствии с п. 24.2 Методики по методу оценок состояния акватории водного объекта и внешних признаков пленки, по формуле № 18:

$$M_{h.p} = YM_h \cdot S \cdot 10^{-6},$$

где YM_h – удельная масса нефти, нефтепродуктов на 1 м^2 акватории водного объекта, определяется в соответствии с п. 3 таблицы 15 приложения 1 к Методике, г/м²; $YM_h = 0,2$;

$$M_{h.p} = 0,2 \cdot 45\,000 \cdot 10^{-6} = 0,009 \text{ т};$$

$$M_h = M_{c.h} + M_{p.h} + M_{h.p} = 7 + 0,3550814172 + 0,009 = 7,3640814172 \text{ т};$$

H_i – такса для исчисления размера вреда при загрязнении в результате аварий водных объектов i -м вредным (загрязняющим) веществом, определяется в зависимости от его массы M в соответствии с таблицами 5–8 приложения 1 Методики, $H_i = 5,3148$ млн руб.; определено в соответствии с таблицей 8 приложения 1 Методики методом интерполяции между ближайшими значениями к $M_h = 7,3640814172$ т;

$$H_i = ((7,3640814172 - 4)(6,1 - 3,7)/(9 - 4)) + 3,7 = 5,3148 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, сумма вреда, причиненного водному объекту, составляет:

$$У = 1,10 \cdot 1,80 \cdot 2,659 \cdot 5 \cdot 5,3148 = 139,907326,68 \text{ млн руб.}$$

В соответствии с п. 14 Методики при принятии мер по ликвидации загрязнения водного объекта или его части в результате аварии размер вреда, исчисленный в соответствии с пунктом 13 Методики, уменьшается на величину фактических затрат на устранение загрязнения, которые произведены виновником причинения вреда.

Наибольший ущерб был нанесен водным объектам по причине:

- длительного периода загрязнения;
- высокой чувствительности водной экосистемы;

– недостаточно эффективных мер по ликвидации разлива.

Методические аспекты: примененная методика расчета позволила объективно оценить материальный ущерб, нанесенный водному объекту оз. Соленое. Прямые убытки предприятия включают: затраты на ликвидацию аварии, штрафные санкции, затраты на восстановительные мероприятия. Социальный ущерб: снижение рекреационной ценности территории, риски для здоровья населения, потеря доверия к предприятию.

Статистика разливов нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации, представленная в оперативных данных Росприроднадзора и МЧС, свидетельствует о сохраняющейся высокой аварийности в нефтегазовом секторе. О. И. Алыкова, Л. Ю. Чуйкова и Ю. С. Чуйков [4] подчеркивают, что основными причинами являются физический износ оборудования и нарушения техники безопасности, усугубляемые проблемами в экологическом законодательстве, в частности, различиями в регулировании предупреждения и ликвидации разливов нефти (ЛРН) на морских акваториях и сухопутных территориях. Ярчайшей иллюстрацией этих системных проблем и их катастрофических экологических последствий стала авария 29 мая 2020 г. на ТЭЦ-3 АО «НТЭК» в Норильске, признанная крупнейшей в своем роде. Разлив свыше 21 тыс. т дизельного топлива привел к масштабному загрязнению рек Далдыкан и Амбарная, а сам инцидент, как отмечают О. И. Алыкова и соавторы [4], выявил критический правовой пробел: отсутствие эффективного механизма регулирования ЛРН на суше и факт невозможности проведения Ростехнадзором проверки аварийного резервуара с 2016 г.

Значение аварии в Норильске выходит далеко за рамки локальной экологической катастрофы в чувствительных арктических экосистемах. Она стала мощным катализатором для законодательных инициатив, направленных на ликвидацию выявленных пробелов, что привело к принятию Федерального закона № 207-ФЗ от 13.07.2020. Однако, как указывают С. Г. Барсегян и П. А. Монахов [5], новое регулирование не обеспечило унификации требований к ЛРН на суше и на море, сохранило формальный перенос морских подходов на суше без оценки их эффективности и не решило проблему отсутствия четких алгоритмов взаимодействия сил при ликвидации крупных аварий. Централизованный государственный механизм регулирования, по их мнению, пока не доказал свою результативность.

Ключевым аспектом оценки последствий подобных аварий, особенно с учетом фундаментальной значимости водных объектов как основы жизни и деятельности человека, закрепленной в Водном кодексе РФ и подчеркнутой В. В. Кузнецовым и С. В. Лебедковым [6], является расчет эколого-экономического ущерба. Авария в Норильске продемонстрировала применение действующих официальных методик: вред водным объектам был рассчитан Росприроднадзором по Методике (Приказ Минприроды России № 87 от 13.04.2009) и составил колоссальные 147 046 011 000 руб., что на порядки превысило ущерб почвам (738 616 руб. по Методике, Приказ № 238 от 08.07.2010). Эта гигантская сумма наглядно отражает тяжесть воздействия на водную среду и экономическую

ценность ее ресурсов, особенно в контексте того, что на долю России приходится только 20 % мировых статистических запасов пресной воды [6].

Тем не менее существующие методики расчета ущерба, как подчеркивает Т. Ю. Алмакаева [7], требуют актуализации. Необходимость разработки унифицированных, но адаптируемых к местным условиям подходов, способных учитывать комплексное воздействие загрязнения, экосистемные услуги (рекреационные, рыбохозяйственные, биоразнообразие) и региональные особенности уязвимых экосистем (как арктических, так и дальневосточных, о чем напоминает пример Камчатки [5]), становится все более очевидной. И. М. Потравный, А. Л. Новоселов и И. Ю. Новоселова [8] развивают эту мысль, указывая на растущую востребованность не только оценки текущего ущерба, но и экономической оценки накопленного экологического ущерба (НЭУ) и каскадного эффекта от чрезвычайных ситуаций. Они аргументируют, что такие комплексные эколого-экономические оценки, основанные на детально проработанном инструментарии и апробированные на практике, критически важны для управления рисками, планирования реабилитации территорий и перехода бизнеса к моделям поведения, соответствующим принципам зеленой экономики. Развитие и совершенствование методик, особенно в части оценки вреда водным объектам, остается ключевой задачей для адекватного возмещения ущерба и стимулирования природоохранной деятельности.

Зарубежный опыт показывает, что антропогенное воздействие на водные экосистемы, включая разливы нефти, имеет долгосрочные последствия. Крупные аварии, такие как Exxon Valdez (1989) и Deepwater Horizon (2010), продемонстрировали токсическое влияние нефти и диспергентов на морские экосистемы, включая накопление полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и тяжелых металлов в пищевых цепях [9]. Исследования подтверждают, что даже небольшие, но частые разливы нарушают фотосинтез, снижают уровень кислорода и угрожают прибрежным экосистемам [10].

Современные методы мониторинга, включая дистанционное зондирование и технологии на основе искусственного интеллекта, позволяют оперативно выявлять загрязнения и сокращать время реагирования [11]. Однако ключевым направлением остается биоремедиация – использование микроорганизмов для естественного разложения нефти. Методы биоaugментации и газового барботажа показывают эффективность, но требуют тщательного контроля условий окружающей среды [12].

Для энергетических компаний, таких как КГУП «Примтеплоэнерго», важны не только меры по ликвидации аварий, но и превентивные стратегии: модернизация инфраструктуры, внедрение систем раннего предупреждения и устойчивых методов хранения топлива [13, 14].

Анализ современных подходов к предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов позволяет сформулировать для КГУП «Примтеплоэнерго» (г. Находка) ключевые рекомендации, направленные на минимизацию экологического и экономического ущерба и способствующие устойчивому развитию предприятия. Центральным должен стать принцип опережающего развития, при

котором упор делается на предотвращение аварий, а не только на реагирование на их последствия.

Как отмечает в своей работе Н. С. Куделькин [13], в сфере предупреждения аварий критически важно устранить ключевую причину разливов – износ оборудования. Для этого необходимо внедрить систему независимого, регулярного и строгого контроля технического состояния резервуаров, трубопроводов и вспомогательных систем, полностью исключив практику формального «вывода в ремонт», ограничивающую надзор. Параллельно требуются инвестиции в модернизацию инфраструктуры с повышением требований к оборудованию: установка резервуаров с двойными стенками, систем автоматического отключения и аварийной сигнализации, обваловок достаточного объема, особенно с учетом прибрежного расположения объекта и уязвимости экосистемы залива Находка. Экономическое стимулирование таких инвестиций (внутренние программы, господдержка) способно стимулировать рынок экологичных технологий. Не менее важно усиление обучения персонала с акцентом на строгое соблюдение техники безопасности и практические тренинги по действиям в ЧС [14].

Для обеспечения эффективной готовности к ликвидации разливов необходимо разработать и регулярно актуализировать детализированные Планы ЛРН (ПЛАС), учитывающие специфику акватории залива Находка – преобладающие течения, ветра, сезонность, близость особо уязвимых зон (нерестилища, рекреация) [15]. Планы должны включать сценарии разливов разного масштаба и четкие алгоритмы взаимодействия с МЧС, Росприроднадзором и местными властями, чье отсутствие критикуется в литературе [5]. Обязательно создание и поддержание ресурсной базы: достаточный запас боновых заграждений (включая модели для сложных условий – волнение, течение), различных типов скиммеров (олеофильные, пороговые, вакуумные), экологически безопасных сорбентов и емкостей для сбора [15]. Стратегия применения альтернативных методов (диспергенты, сжигание) на случай неэффективности механического сбора (например, при сильном волнении) должна быть заранее определена, но их использование требует строгого обоснования и разрешения надзорных органов из-за рисков вторичного вреда [15, 14]. На завершающих стадиях очистки берегов целесообразно применять методы биоремедиации [15].

В процессе ликвидации разлива приоритет следует отдавать механическим методам сбора как наиболее экологичным для водной среды [15]. Оперативное развертывание бонов для защиты береговой линии и уязвимых участков акватории – первоочередная задача. Применение диспергентов и сжигания допустимо только как крайняя мера, если предотвращаемый ими ущерб (например, попадание нефти в заповедную зону) существенно превышает их потенциальный вред (токсичность для биоценоза залива, загрязнение воздуха) [14–16]. Выбор конкретных химических реагентов должен быть тщательным, с предпочтением менее токсичных и эффективных в условиях залива Находка вариантов. Крайне важно обеспечить надежность оборудования, используемого во время ликвидации (насосы, шланги, временные трубопроводы), что-

бы исключить вторичные инциденты, подобные сбросу смеси в реку Амбарная [14]. Изучение обстоятельств и уроков прошлых крупных аварий (Хаски, Эксон Вальдес) [14] должно информировать процесс планирования и реагирования.

Реализация этих рекомендаций является основой для устойчивого развития КГУП «Примтеплоэнерго». Перенос фокуса с ликвидации последствий на их предупреждение через модернизацию, строгий контроль и обучение, сочетающийся с созданием адаптированной к местным условиям системы готовности и прозрачным взаимодействием с заинтересованными сторонами позволит предприятию не только минимизировать экологические и репутационные риски, но и добиться долгосрочной экономической эффективности за счет снижения потенциальных гигантских затрат на возмещение ущерба (как в Норильске) и укрепления социальной лицензии на деятельность в Приморском крае. Такой проактивный подход, основанный на принципе опережающего развития [13], соответствует ключевым целям устойчивого развития предприятия.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что аварийный разлив нефтепродуктов на объекте КГУП «Примтеплоэнерго» нарушил баланс устойчивого развития предприятия, вызвав:

1. Катастрофические экологические последствия для озера Соленое: токсическое поражение гидробионтов (дефицит кислорода, накопление ПАУ), риски долговременного загрязнения грунтовых вод и утраты биоразнообразия на пострадавших участках;

2. Значительные экономические потери в 139,9 млн руб. (рассчитанные на основе данных предприятия по методике Минприроды № 87), включая затраты на ликвидацию, штрафы и компенсации;

3. Социальные издержки: снижение рекреационной ценности территории и доверия населения.

Для восстановления баланса и обеспечения устойчивого развития разработаны решения:

- техническая модернизация (резервуары с двойными стенками, системы автоматического контроля) для устранения ключевой причины аварий – износа оборудования;

- внедрение адаптированного Плана ЛРН с ресурсной базой (боны, скиммеры) и приоритетом механических методов сбора нефти;

- комплекс восстановительных мер: рекультивация береговой линии и биоремедиация донных отложений.

Реализация предложенных мер позволит КГУП «Примтеплоэнерго»: восстановить экологический баланс водных экосистем залива Находка, снизить экономические риски за счет предотвращения аварий (аналогичных Норильску с ущербом 147 млрд руб. [5]), укрепить социальное доверие через сохранение рекреационного потенциала территории.

Переход к проактивной модели управления на основе принципа опережающего развития обеспечит долгосрочную устойчивость предприятия, интегрируя производственные задачи с экологической ответственностью и социальными обязательствами в Приморском крае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демельханов М. Д., Оказова З. П., Чупанова И. М. Экологические последствия разливов нефти // Успехи современного естествознания. 2015. № 12. С. 91–94.
2. Кумпаненко И. В., Иванова Н. А., Ковалева Н. Ю., Сахарова Н. А., Шиянова К. А., Рошин А. В. Исследование просачивания в грунт нефти и нефтепродуктов при их разливах // Химическая физика. 2021. Т. 40. № 1. С. 45–54. <https://doi.org/10.31857/S0207401X21010088>; <https://www.elibrary.ru/sylber>
3. Костылева Н. В., Микишева В. И., Сорокина Т. В. Экологический ущерб: вопросы, вопросы... // Географический вестник. 2010. № 1. С. 46–54.
4. Алыкова О. И., Чуйкова Л. Ю., Чуйков Ю. С. Предупреждение и ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов, пробелы в Российском законодательстве и геоэкологические последствия // Астраханский вестник экологического образования. 2020. № 4 (58). С. 137–156. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2020-19-4-137-156>; <https://www.elibrary.ru/qkkeua>
5. Барсегян С. Г., Монахов П. А. Новое регулирование отношений в области предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 3 (69). С. 75–81. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.3.69.15.76>; <https://www.elibrary.ru/bxhsri>
6. Кузнецов В. В., Лебедков С. В. Правовая охрана водных объектов в Российской Федерации // Научный электронный журнал меридиан. 2020. № 19 (53). С. 171–173. <https://www.elibrary.ru/nrpsxh>
7. Алмакаева Т. Ю. Актуализация методики расчета ущерба от загрязнения окружающей среды // Вестник науки. 2024. Т. 4. № 5 (74). С. 1978–1985. <https://www.elibrary.ru/peuyxzi>
8. Потравный И. М., Новоселов А. Л., Новоселова И. Ю. Развитие методов экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды и их практическое применение // Экономическая наука современной России. 2018. № 3 (82). С. 35–48.
9. Häder D.-P., Banaszak A. T., Villafañe V. E., Narvarte M. A., González R. A., Helbling E. W. Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 713. Article number 136586. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136586>
10. Sharma K., Shah G., Singhal K., Soni V. Comprehensive insights into the impact of oil pollution on the environment // Regional Studies in Marine Science. 2024. Vol. 74. Article number 103516. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103516>
11. Samsuria N. N. C., Wan Ismail W. Z., Nazli M. N. W. M., Ab Aziz N. A., Ghazali A. K. Problems, Effects, and Methods of Monitoring and Sensing Oil Pollution in Water: A Review // Water. 2025. Vol. 17. Issue 9. Article number 1252. <https://doi.org/10.3390/w17091252>
12. Sharma K., Shah G., Singh H., Bhatt U., Singhal K., Soni V. Advancements in natural remediation management techniques for oil spills: Challenges, innovations, and future directions // Environmental Pollution and Management. 2024. Vol. 1. P. 128–146. <https://doi.org/10.1016/j.epm.2024.08.003>
13. Куделькин Н. С. Правовые вопросы предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Юридические исследования. 2021. № 7. С. 74–84. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=35966; <https://doi.org/10.25136/2409-7136.2021.7.35966>; <https://elibrary.ru/joqzui>
14. Мамедзаде Ф. А. Способы устранения последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на поверхности воды // Нефтепереработка и нефтехимия. 2020. № 8. С. 36–40. <https://elibrary.ru/hhdwnj>
15. Малецкий В. О., Петрикев А. Д. Защита акваторий при разливе нефти // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2024. № 1 (34). С. 40–44.
16. Спиридонов Д. В. Оценка воздействия на окружающую среду: ретроспективный обзор и современное состояние // Право и государство: теория и практика. 2023. № 2 (218). С. 97–101. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_2_97; <https://elibrary.ru/jjjhwaf>

Статья поступила в редакцию 12 декабря 2024 года

Sustainable development of KGUP Primteploenergo in Nakhodka, Primorsky Krai, in terms of ecological and economic damage caused to the environment as a result of an accident at a fuel depot

Vera Nikolaevna MAKAROVA*

Irina Vyacheslavovna ISAEVA**

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

Abstract

Relevance of the study. Accidental oil spills are among the most dangerous anthropogenic impacts on water bodies, causing complex disruptions to the ecological balance, reduced bioproductivity, and loss of biodiversity. The accident at the fuel depot of KGUP Primteploenergo in Nakhodka, which resulted in the pollution of Lake Solenoye, caused significant environmental and economic damage and negatively impacted the company's sustainable development. Under these circumstances, assessing the consequences of the incident and developing compensatory measures are urgent tasks.

The objective of this study is to assess the sustainable development of KGUP Primteploenergo based on calculating the environmental and economic damage to Lake Solenoye's water resources caused by the accidental oil spill and to develop recommendations for minimizing environmental damage and its economic consequences for the company.

Research Methods. The study utilized analysis, synthesis, deduction, induction, and specification. The environmental and economic damage was calculated in accordance with the approved Methodology for Calculating Damage Caused to Water Bodies (Order of the Ministry of Natural Resources of Russia № 87 dated April 13, 2009). An analysis of the causes and consequences of the accident, as well as current approaches to oil spill prevention and response, was conducted.

Results and Conclusions. The accident resulted in toxic damage to aquatic organisms, a long-term risk of secondary groundwater contamination, economic damage of 139.9 million rubles, and social consequences. Bioremediation of bottom sediments and shoreline remediation are proposed as compensatory measures. Key recommendations for ensuring the sustainable development of the enterprise include infrastructure modernization, the development of an adapted oil spill response plan, and a transition to a proactive risk management model. Implementation of these measures is aimed at restoring the ecosystem and ensuring the long-term stability of the enterprise.

Keywords: sustainable development, environmental and economic damage, water body, accident prevention, environmental impact, oil spill response.

REFERENCES

- Demelkhanov M. D., Okazova Z. P., Chupanova I. M. 2015, Ecological consequences of oil spills // *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya* [Advances in modern natural science], no. 12, pp. 91–94.
- Kumpanenko I. V., Ivanova N. A., Kovaleva N. Yu., Sakhارова N. A., Shiyanova K. A., Roshchin A. V. 2021, Study of oil and oil product seepage into soil during spills // *Himicheskaya fizika* [Chemical Physics], vol. 40, no. 1, pp. 45–54. <https://doi.org/10.31857/S0207401X21010088>; <https://www.elibrary.ru/sylbep>
- Kostyleva N. V., Mikisheva V. I., Sorokina T. V. 2010, Environmental damage: questions, questions... // *Geograficheskij vestnik* [Geographical Bulletin], no. 1, pp. 46–54.
- Alykova O. I., Chuykova L. Yu., Chuykov Yu. S. 2020, Prevention and response to oil and oil product spills, gaps in Russian legislation and geoecological consequences // *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education], no. 4 (58), pp. 137–156. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2020-19-4-137-156>; <https://www.elibrary.ru/qkkeua>
- Barsegyan S. G., Monakhov P. A. 2021, New regulation of relations in the field of prevention and response to oil and oil product spills // *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti* [Civil Safety Technologies], vol. 18, no. 3 (69), pp. 75–81. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.3.69.15.76>; <https://www.elibrary.ru/bxhsri>
- Kuznetsov V. V., Lebedkov S. V. 2020, Legal protection of water bodies in the Russian Federation // *Nauchnyj elektronnyj zhurnal meridian* [Scientific electronic journal Meridian], no. 19 (53), pp. 171–173. <https://www.elibrary.ru/nrpsxh>
- Almakaeva T. Yu. 2024, Updating the Methodology for Calculating Damage from Environmental Pollution // *Ekonomiceskaya nauka sovremennoj Rossii* [Science Bulletin], vol. 4, no. 5 (74), pp. 1978–1985. <https://www.elibrary.ru/peyxzi>
- Potravny I. M., Novoselov A. L., Novoselova I. Yu. 2018, Development of Methods for Economic Assessment of Damage from Environmental Pollution and Their Practical Application // *Ekonomiceskaya nauka sovremennoj Rossii* [Economic Science of Contemporary Russia], no. 3 (82), pp. 35–48.

✉ boyikova@mail.ru

✉  <https://orcid.org/0000-0001-5873-1015>

✉  isaeva_irina@edu.vvsu.ru

✉  <https://orcid.org/0000-0002-5629-5851>

9. Häder D.-P., Banaszak A. T., Villafañe V. E., Narvarte M. A., González R. A., Helbling E. W. 2020, Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications. *Science of The Total Environment*, vol. 713, article number 136586. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136586>
10. Sharma K., Shah G., Singhal K., Soni V. 2024, Comprehensive insights into the impact of oil pollution on the environment. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 74, article number 103516. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103516>
11. Samsuria N. N. C., Wan Ismail W. Z., Nazli M. N. W. M., Ab Aziz N. A., Ghazali A. K. 2025, Problems, Effects, and Methods of Monitoring and Sensing Oil Pollution in Water: A Review. *Water*, vol. 17, issue 9, article number 1252. <https://doi.org/10.3390/w17091252>
12. Sharma K., Shah G., Singh H., Bhatt U., Singhal K., Soni V. 2024, Advancements in natural remediation management techniques for oil spills: Challenges, innovations, and future directions. *Environmental Pollution and Management*, vol. 1, pp. 128–146. <https://doi.org/10.1016/j.epm.2024.08.003>
13. Kudel'kin N. S. 2021, Legal issues of prevention and response to accidental spills of petroleum products. *Yuridicheskie issledovaniya* [Legal research], no. 7, pp. 74–84. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=35966; <https://doi.org/10.25136/2409-7136.2021.7.35966>; <https://elibrary.ru/joqzui>
14. Mamedzade F. A. 2020, Ways of elimination of aftereffects of emergency floods of oil and petroleum derivatives on a water plane. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemicals], no. 8, pp. 36–40. <https://elibrary.ru/hhdwnj>
15. Maletsky V. O., Petrikeev A. D. 2024, Protection of water areas during oil spills // *Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii* [Urban development. Infrastructure. Communications], no. 1 (34), pp. 40–44.
16. Spiridonov D. V. 2023, Environmental impact assessment: a retrospective review and current state // *Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika* [Law and state: theory and practice], no. 2 (218), pp. 97–101. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_2_97; <https://elibrary.ru/jjhawf>

The article was received on December 12, 2024