

© М. В. Носова<sup>1</sup>, В. П. Середина<sup>2</sup>, С. А. Стовбунник<sup>3</sup>

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ХМАО)

<sup>1</sup>ООО «Сахалинская Энергия»

Россия, 693020, г. Южно-Сахалинск, ул. Дзержинского, д. 35

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36

<sup>3</sup>ООО «РН-Проектирование Добыча»

Россия, 634027, г. Томск, пр. Мира, д. 72

**Носова М. В., Середина В. П., Стовбунник С. А. Экономическая эффективность рекультивации техногенно засоленных почв в условиях среднетаежной подзоны Западной Сибири (ХМАО).** – В средней тайге Западной Сибири засоление почв вследствие разливов высокоминерализованных пластовых вод формирует длительные экологические риски и издержки недропользователей. В работе оценена экономическая эффективность трехэтапной рекультивации (дренаж → гипсование → фиторемедиация аборигенными солеустойчивыми видами) на локальном участке техногенного засоления (ХМАО, 0,6 га). Применен подход дисконтированных денежных потоков для сопоставления затрат на восстановление с предотвращенным экологическим ущербом по действующей методике. Показано, что комплекс инженерно-биологических мероприятий обеспечивает экологически измеримый эффект и положительную экономику проекта при горизонте 15 лет. Результаты соотносятся с современными данными о повышении эффективности при комбинировании гипса с органическими мелиорантами и/или фиторемедиацией. Практическая значимость – в алгоритме обоснования инвестиций в рекультивацию для регионов с гумидным климатом и техногенным галогенезом. Анализ демонстрирует, что стратегические вложения в экологическое восстановление способны трансформироваться в форму экономической выгоды, обеспечивая баланс между интересами бизнеса и общества.

*Ключевые слова:* рекультивация почв, техногенное засоление, экономическая эффективность, фиторемедиация, нефтедобыча, экологический ущерб, Западная Сибирь.

### Введение

В условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений Западной Сибири проблема техногенного засоления почв приобретает не только экологическое, но и выраженное экономическое значение. Аварийные разливы высокоминерализованных пластовых вод, прежде всего сеноманского горизонта, формируют длительные очаги деградации, что ведет к снижению продуктивности экосистем и утрате хозяйственного потенциала территорий [6, 7, 30]. Последствия проявляются в прямых финансовых потерях компаний-недропользователей и региональных бюджетов, связанных как с возмещением ущерба, так и с упущенной выгодой от выбытия земель из оборота. Современные исследования подтверждают, что комплексные природоохранные мероприятия способны снижать уровень вторичного засоления, однако их эффективность должна оцениваться через призму экономических критериев [1, 8, 16, 20, 22–24]. Использование методологии дисконтированных денежных потоков и анализа «затраты–выгоды» позволяет перевести экологические риски в язык финансовых показателей и сформировать основу для стратегического планирования в нефтегазовом секторе.

Вопросы рекультивации техногенно-засоленных почв широко освещаются в научной литературе. Классические подходы, включающие промывку, гипсование и фитомелиорацию, были детально изучены в работах российских [4, 5, 11–13, 15] и международных

исследователей [22, 26, 28]. Однако большинство существующих методик разработаны для аридных регионов и требуют адаптации к условиям гумидного климата Западной Сибири.

Особого внимания заслуживают экономические аспекты рекультивации [18, 19]. В последние годы появился ряд работ [17, 21, 30], посвященных оценке эффективности природоохранных мероприятий с использованием методов дисконтирования денежных потоков. Тем не менее, практическое применение этих разработок часто ограничивается отсутствием точных данных о долгосрочной динамике восстановления почв и сопоставимых показателях для разных технологий.

Целью данного исследования является оценка экономической эффективности трехэтапной методики рекультивации техногенно-засоленных почв в условиях средней тайги Западной Сибири, включая:

- 1) анализ динамики снижения засоленности на примере конкретного участка загрязнения;
- 2) расчет экономической эффективности с сопоставлением затрат на рекультивацию и потенциального экологического ущерба;
- 3) разработку практических рекомендаций по оптимизации восстановительных мероприятий для нефтедобывающих регионов.

В работе оценивается эффективность существующих технологий рекультивации почв, адаптированных к условиям средней тайги Западной Сибири, а также представлен практически апробированный алгоритм принятия решений для недропользователей, балансирующий между экологическими требованиями и экономической целесообразностью. Результаты работы имеют непосредственное прикладное значение для нефтегазовых компаний, разрабатывающих программы экологической безопасности и органов государственного экологического надзора при нормировании восстановительных мероприятий.

### **Материал и методы исследования**

Исследование проводили на территории среднетаежной подзоны Западной Сибири (Ханты-Мансийский автономный округ), где в результате аварийной ситуации на промышленном водоводе произошел разлив (2009 г.) высокоминерализованных пластовых вод. Участок расположен на водораздельной равнине левобережья Оби, сложенной аллювиально-ледниковыми отложениями. Гидрологический режим характеризуется верховодкой и сезонным подтоплением, что усугубляет миграцию солей. До загрязнения почва классифицировалась как хемозем техногенно-засоленный по подзолистой иллювиально-железистой почве [29]. После разлива сформировался техногенно-засоленный хемозем (*Gleyic Toxic Solonchaks*) [2]. В почву поступили загрязняющие вещества – хлориды (минерализация >15 г/л), определены по ГОСТ 26425–85 [3]. Площадь очага загрязнения составила 0,6 га, глубина проникновения солей – до 1,2 м. Лабораторный анализ почв проводили с подготовкой водной вытяжки (ГОСТ 26423–85) [2]. Нефтепродукты (НП) в почвах определены в соответствии с ПНДФ 16.1:2.21–98 [9].

Для расчета экологического ущерба применялась модифицированная методика Минприроды РФ (№ 238, 2010) [10] с учетом региональных коэффициентов для таежных почв и альтернативной стоимости земель (упущенная выгода от невозможности лесопользования).

Экономический анализ ремедиационных мероприятий проведен методом дисконтированных денежных потоков (DCF). С учетом периода восстановления экосистемы принят горизонт расчета 15 лет. Ставка дисконтирования – 10 %. Сметные расчеты проведены в программном обеспечении «ГРАНД-Смета» с актуализированными ценами 2024 г. В расчете учтены этапы рекультивации: технический (обустройство дренажной канавы и систем сообщающихся траншей, планировка территории); биологический (внесение мелиорантов – гипс; посев фитомелиорантов – солетолерантная растительность).

Рассмотренные сравнительные анализы альтернатив: сценарий «бездействия» (накопленный ущерб) и сценарий «рекультивации».

### **Результаты и обсуждение**

Установлено, что рекультивация почв, подвергшихся техногенному засолению, на исследуемом участке наиболее эффективно осуществляется поэтапно с использованием комплекса инженерных, агрохимических и биологических мероприятий. Выяснено, что устройство системы закрытого дренажа и дренажных траншей обеспечивает регулирование уровня грунтовых вод и отток минерализованных растворов. Доказано, что применение приемов снегозадержания и формирование микрорельефа способствуют равномерному распределению влаги и предотвращают застой солевых растворов. Установлено, что промывка почвы пресной водой обеспечивает вынос хлоридов и сульфатов в дренажную систему, что сопровождалось последующим снижением концентрации солей.

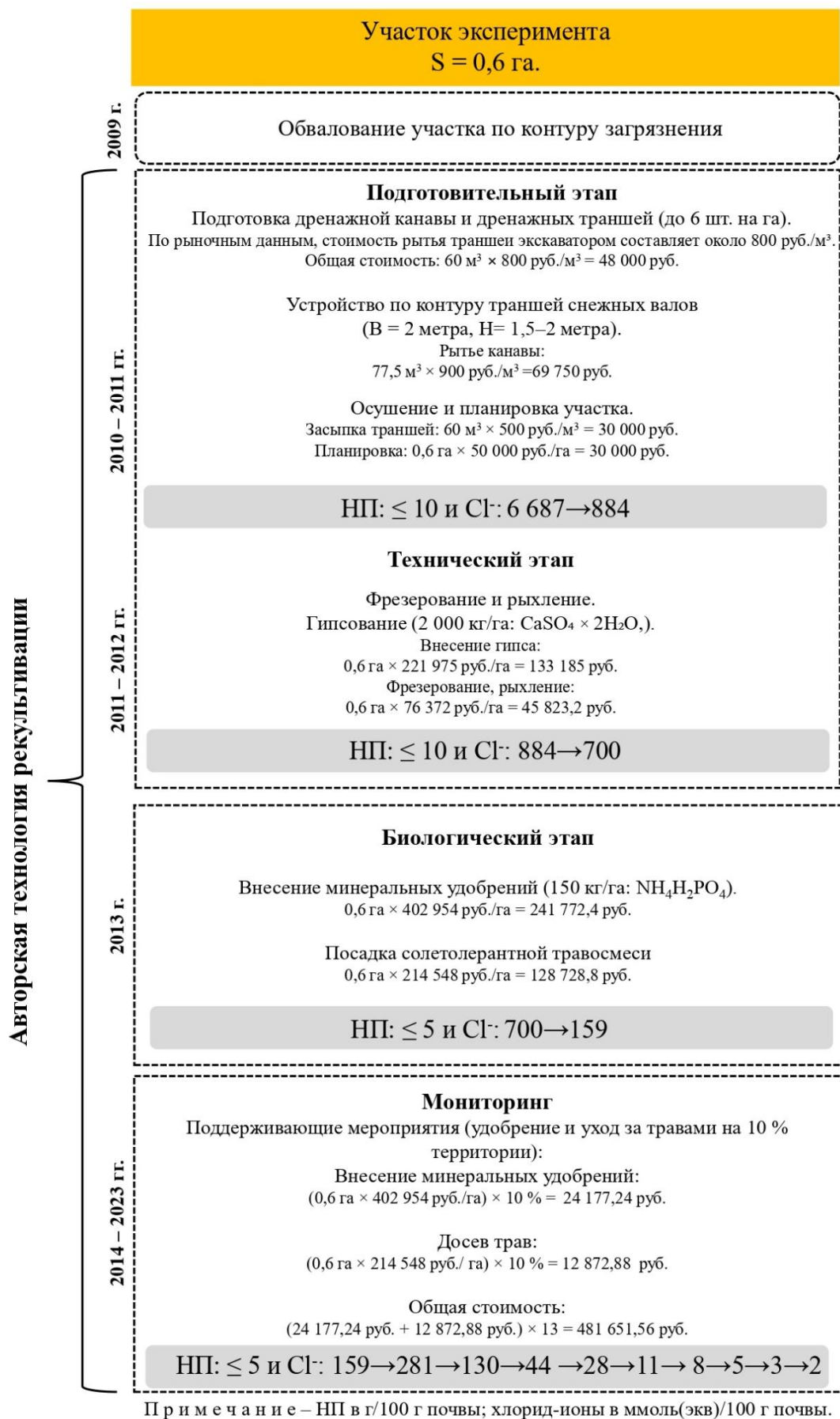
Определено, что проведение глубокого фрезерования и рыхления улучшает аэрацию и водопроницаемость, создавая условия для эффективного действия мелиорантов. Доказано, что гипсование является основным приемом химической мелиорации: замещение натрия кальцием существенно снижает негативное воздействие засоления. Установлено, что дополнительное внесение извести и органических удобрений способствует улучшению структуры почвы и активизации микробного сообщества. Повторная механическая обработка обеспечивала равномерное распределение мелиорантов в пахотном горизонте, что подтверждено результатами анализа.

Выявлено, что на заключительном биологическом этапе наиболее эффективно зарекомендовал себя посев аборигенных галофитов и луговых трав, устойчивых к повышенной минерализации. Доказано, что такой подход способствует формированию устойчивого фитоценоза и восстановлению экосистемных функций. Зафиксировано, что концентрация хлорид-ионов в верхнем горизонте почвы снизилась более чем в 20 раз (от 6 687 до 2 ммоль(экв)/100 г), а степень зарастания участка местной растительностью превысила 90 %. Подтверждено, что к третьему году наблюдений восстановление видового разнообразия растительного покрова достигло 75 %. Установлено, что результаты обладают высокой устойчивостью: через 7 лет после завершения основных работ вторичное засоление не зафиксировано.

Таким образом, доказана эффективность предложенной технологии восстановления почв, подверженных засолению хлорид-ионами, включающей комбинацию дренажных, механических и биологических методов. Экономическая целесообразность комплекса подтверждена расчетами предотвращенного ущерба в соответствии с нормативными требованиями, а сравнительный анализ затрат по этапам показал прямую зависимость между последовательным снижением содержания хлорид-ионов и затратами на мероприятия на рис. 1.

Более подробно результаты проведения рекультивационных мероприятий представлены в других работах авторов [6, 7].

Расчет проведен по рыночным ценам [14]. Таким образом, общая стоимость работ составляет  $147\,750 + 549\,509,4 + 481\,651,56 = 1\,178\,910,96$  руб. В стоимости не учитывается перебазировка техники, и зарплата сотрудникам, так как работы могут быть выполнены собственными силами.



Примечание – НП в г/100 г почвы; хлорид-ионы в ммоль(экв)/100 г почвы.

Рис. 1. Этапы проведения рекультивационных работ и их стоимость (среднетаежная подзона Западной Сибири, ХМАО)

При оценке эффективности рекультивационных работ ключевым аспектом является сопоставление затрат на восстановление почв с потенциальным экологическим ущербом. В соответствии с Приказом Минприроды № 238, размер вреда, причиненного почвам вследствие химического загрязнения, подлежит расчету в стоимостном выражении. Согласно методике, исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву поллютантов, проведено следующим образом (1):

$$\begin{aligned} UЩ_{загр} &= CЗ \times S \times Kr \times Kисп \times Tx \times Kмнс \times 1,3 \times 1,5 \\ 87\,750\,000 \text{ руб.} &= 15 \times 6\,000 \times 1,3 \times 1,5 \times 500 \times 1 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $UЩ_{загр}$  – размер вреда в результате загрязнения почв,  
 $CЗ$  – степень загрязнения (15, максимальная),  
 $S$  – площадь загрязнения (6 000 м<sup>2</sup>),  
 $Kr$  – коэффициент, учитывающий глубину загрязнения (0,3 м),  
 $Kисп$  – коэффициент, учитывающий категорию земель,  
 $Tx$  – такса за загрязнение (руб./м<sup>2</sup>) (500 руб. для таежной зоны),  
 $Kмнс$  – показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы (1, отсутствует в связи с загрязнением и отсыпкой площадки на этапе строительного-монтажных работ).

Расчеты подтверждают, что затраты на рекультивацию экономически оправданы, поскольку предотвращенный ущерб превышает стоимость реализованных мероприятий. Предложенный алгоритм может быть рекомендован для внедрения на аналогичных техногенно-нарушенных территориях.

Использование методов эколого-экономического анализа позволяет перевести экологические риски в экономическую плоскость (формулы 1–6).

### 1. Чистая приведенная стоимость (NPV).

Затраты на рекультивацию распределены на 15 лет (рис. 1):

- 1-й год: 147 750 руб.
- 2-й год: 549 509,4 руб.
- 3–15-й годы: 481 651,56 руб. (37 050,12 руб. ежегодно).

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \\ NPV &= \sum_{t=15}^{15} \frac{CF_t}{(1+0,1)^t} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $CF_t$  – экономический эффект в году  $t$ ,  
 $r$  – ставка дисконтирования,  
 $t$  – номер периода,  
 $(1+0,1)^t$  – коэффициент дисконтирования.

$$\text{Год 1: } NPV_1 = 147\,750 / 1,1^1 = 134\,318,18 \text{ руб.} \quad (3)$$

$$\text{Год 2: } NPV_2 = 549\,509,4 / 1,1^2 = 454\,140 \text{ руб.} \quad (4)$$

$$\text{Год 1–13: } PVA = 37\,050,12 \times (1 - (1+0,1)^{-13} / 0,1) = 37\,050,12 \times 7,1034 = 263\,181,82 \text{ руб.} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &\text{Дисконтирование к началу:} \\ &263\,181,82 / 1,1^2 = 217\,505,64 \text{ руб.} \quad (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Общий дисконтированный поток рассчитываем суммой:} \\ &NPV = 134\,318,18 + 454\,140 + 217\,505,64 = 805\,963,8 \text{ руб.} \quad (6) \end{aligned}$$

При этом предотвращенный ущерб (по Приказу Минприроды № 238) составляет 87 750 000 руб., что значительно превышает затраты. Таким образом, рекультивация почв экономически целесообразна ( $NPV > 0$ ).

## 2. Срок окупаемости.

Накопленные затраты за 15 лет: 1 178 910,96 руб. Уже в первый год предотвращенный ущерб (87 750 000 руб.) многократно покрывает затраты. Срок окупаемости – менее 1 года.

3. **Накопленный ущерб «бездействия» (если рекультивацию не проводить).** Если не проводить рекультивацию, то почва остается загрязненной, что приводит к ежегодному увеличению ущерба из-за миграции солей и деградации экосистемы. Для расчета примем ежегодный прирост ущерба на 5 % (по аналогии с методиками оценки экологического вреда), формулой сложных процентов (формула 10).

$$U_n = U_0 \times (1 + r)^n \quad (10)$$

где  $U_n$  – накопленный ущерб через  $n$  лет,  
 $U_0$  – 87 750 000 руб. – начальный ущерб,  
 $r = 0,05$  (5%) – годовой прирост ущерба,  
 $n$  – количество лет.

Расчет представлен на 10 лет (см. таблицу).

Таблица

**Расчет накопленного ущерба**

Год (n)	Накопленный ущерб ( $U_n$ ), руб.
1	$U_1 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^1 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^1 = 92\,137\,500,00$ руб.
2	$U_2 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^2 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^2 = 96\,744\,375,00$ руб.
3	$U_3 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^3 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^3 = 101\,581\,593,75$ руб.
4	$U_4 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^4 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^4 = 106\,660\,673,44$ руб.
5	$U_5 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^5 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^5 = 111\,993\,707,11$ руб.
6	$U_6 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^6 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^6 = 117\,593\,392,46$ руб.
7	$U_7 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^7 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^7 = 123\,473\,062,09$ руб.
8	$U_8 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^8 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^8 = 129\,646\,715,19$ руб.
9	$U_9 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^9 = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^9 = 136\,129\,050,95$ руб.
10	$U_{10} = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^{10} = 87\,750\,000 \times (1 + 0,05)^{10} = 142\,935\,503,50$ руб.

Если рекультивацию не проводить, ущерб будет расти экспоненциально. Чем дольше откладывается рекультивация, тем выше затраты на восстановление.

Проведенные расчеты демонстрируют экономическую эффективность предложенного комплекса рекультивационных мероприятий. Расчет чистой приведенной стоимости (NPV) ремедиационных мероприятий показал значительное преимущество данного подхода – 805 963,8 руб. Это подтверждает, что восстановление загрязненных почв экономически выгоднее, чем выплата компенсации за нанесенный ущерб.

Отказ от рекультивации приводит к экспоненциальному росту ущерба: через 10 лет его величина достигает 142 935 503,50 руб. Внедрение рекультивационных технологий снижает репутационные и финансовые риски, связанные с экологическими штрафами, и позволяет интегрировать принципы ESG в корпоративную стратегию.

Особую актуальность этому выводу придает правовой контекст: срок исковой давности по экологическим нарушениям превышает 20 лет, что создает долгосрочные риски для недропользователей. Несмотря на то, что контролирующие органы регулярно фиксируют случаи загрязнения почв (в частности, высокоминерализованными водами), механизм штрафных санкций применяется крайне редко. Фактически, эти санкции представляют собой

«спящий ресурс взысканий», который может быть активирован даже после истечения срока исковой давности.

Судебная практика свидетельствует, что при рассмотрении экологических исков в расчет компенсации включаются не только прямые убытки, но и затраты на восстановление деградированных земель. В этой связи предложенная технология ремедиации приобретает двойное значение: экологическое – прямое восстановление почвенного покрова; экономико-правовое – снижение потенциальных исковых требований со стороны государственных надзорных органов.

Таким образом, внедрение ремедиационных мер не только обеспечивает соблюдение природоохранного законодательства, но и снижает финансовые риски предприятий, минимизируя вероятность масштабных компенсационных выплат в будущем.

### **Выводы**

1. Техногенное засоление почв в таежной зоне Западной Сибири представляет собой фактор долговременных финансовых потерь, выражающихся в снижении продуктивности земель и росте затрат на компенсацию ущерба.

2. Применение инструментов экономического анализа, основанных на дисконтировании денежных потоков и оценке «затраты–выгоды», обеспечило возможность количественного сопоставления затрат на восстановительные мероприятия с предотвращенным ущербом.

3. Рассмотрение природоохранных мер в категории инвестиционных проектов позволило повысить прозрачность управленческих решений и обосновать их долгосрочную эффективность. Такой подход согласуется с современными исследованиями, демонстрирующими целесообразность комплексного применения инженерных и биологических методов мелиорации с учетом экономической отдачи.

4. Реализованный пример по экономической оценке последствий техногенного засоления и эффективности мер по его снижению показал, что данные мероприятия формируют основу для интеграции экологической политики в стратегию устойчивого развития нефтегазового комплекса, обеспечивая баланс между корпоративными интересами и сохранением природных ресурсов региона.

### **Список литературы**

1. *Васильева Е. Э.* Экономика природопользования. Минск: Изд-во Белорусского государственного университета. 2002. 119 с.
2. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. 8 с.
3. ГОСТ 26425–85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. М.: Государственный комитет СССР, 1985. 9 с.
4. *Лебедева О. С., Николаев И. А.* Рекультивация засоленных почв в местах древней добычи соли // Почвоведение. 2020. № 3. С. 29–36.
5. *Новиков В. П., Кузнецова А. Г.* Методы снижения техногенного засоления почв в условиях добычи калийных руд // Геоэкология. 2021. № 2. С. 30–37.
6. *Носова М. В.* Влияние нефтесолевого загрязнения на экологическое состояние почв поймы реки Оби в условиях среднетаежной подзоны Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук: спец. 1.5.15. Томск, 2024. 213 с.
7. *Носова М. В., Середина В. П., Стовбунник С. А.* Опыт проведения локальных рекультивационных мероприятий по восстановлению техногенно-засоленных почв // Принципы экологии. 2024. № 3. С. 61–71. DOI: 10.15393/j1.art.2024.14964.
8. *Папенков К. В.* Введение в экономику природопользования и охраны окружающей среды. М.: Изд-во «ТЕИС». 2001. 120 с.
9. Пат. RU 2740173 Комбинированный агрегат биомелиорации земель с переработкой лесокустарника для утилизации щепы, древесной золы и подсева семян / Пунинский В. С.,

Шевченко В. А.; патентообладатель ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. № 2020103399; заявл. 28.01.2020; опубл. 12.01.2021. Бюл. № 2.

10. Пат. RU 2760480C1. Способ биомелиорации засоленных сухостепных, полупустынных земель в зоне ветровой эрозии и комбинированный агрегат для его осуществления / Пунинский В. С., Кизяев Б. М., Шевченко В. А.; патентообладатель ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. № 2021104748; заявл. 25.02.2021; опубл. 25.11.2021. Бюл. № 33.

11. ПНД Ф 16.1:2.21–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости Флюорат-02. М.: Федеральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1998. 31 с.

12. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» // Официальный интернет-портал правовой информации. 2010. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_104774/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_104774/) (дата обращения 10.07.2025)

13. Руководство по управлению засоленными почвами / под ред. Р. Варгаса [и др.]. Rome: FAO, 2017. 153 с.

14. Справочник рыночных расценок на строительные и инженерные работы / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. М.: Минстрой России, 2023. 540 с.

15. *Фоминых Д. Е.* Техногенное засоление почв как геоэкологический фактор при разработке нефтяных месторождений Среднего Приобья: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: спец. 25.00.36. Томск, 2013. 165 с.

16. *Хачатуров Т. С.* Экономика природопользования. М.: Наука. 1987. 254 с.

17. *Чеботарев Н. Ф.* Оценка стоимости предприятия (бизнеса). М.: Дашков и К, 2022. 252 с.

18. *Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И.* Классификации и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

19. *Щербаков В. А.* Оценка стоимости предприятия (бизнеса): подходы, методы и практические примеры оценки стоимости предприятия. М.: Омега-Л, 2012. 315 с.

20. *Damodaran A.* Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. 3rd Edition. Wiley, Hoboken. 2012. P. 949.

21. *Fregonara E., Ferrando D. G.* The Discount Rate in the Evaluation of Project Economic Sustainability // Sustainability. 2023. 15(3). 2467. P. 1–13. DOI: 10.3390/su15032467.

22. *Huang G., Liu B., Jiang X., Liang Y., Cai J., Huang L.* The application of amendments improves properties of salt-affected soils across China // Soil & Tillage Research. 2025 (онлайн публиц.). 248. 106431. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.still.2024.106431.

23. *Niaz S., Wehr J.B., Dalal R. C., Kopittke P. M., Menzies N.W.* Organic amendments and gypsum reduce dispersion and increase aggregation of two sodic Vertisols // Geoderma. 2022. 425. 116047. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.116047.

24. *Rezapour S., Nouri A., Asadzadeh F., Barin M., Erpul G., Jagadamma S., Qin R.* Combining chemical and organic treatments enhances soil health in saline-sodic soils // Communications Earth & Environment. 2023. 4. 285. P. 1–12. DOI: 10.1038/s43247-023-00948-6.

25. *Singh Y. P., Arora S., Singh A. K.* Rationalizing mineral gypsum use through microbially enriched compost for alkali soils // Scientific Reports. 2023. 13. 15062. P. 1–12. DOI: 10.1038/s41598-023-37823-5.

26. *Sutormin O. S., Goncharov A. S., Kratasyuk V. A., Petrova Y. Y., Bajbulatov R. Y., Yartsov A. E., Shpedt A. A.* Effects of Oil Contamination on Soils in Middle Taiga of Western Siberia // Sustainability. 2024. 16. 11204. P. 1–15. DOI: 10.3390/su162411204.

27. Wang X., Ding J.-L., Han L.-J., Tan J., Ge X.-Y., Nan Q. Biochar addition reduces salinity in salt-affected soils with no impact on soil pH: A meta-analysis // *Geoderma*. 2024. 443. 116845. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.geoderma.2024.116845.

28. Westhoff S., Reese C., Clay S.A., Bhattarai D., Joshi D. R., Reicks G., Osterloh K. R., Moriles-Miller J., Clay D. E. Combining gypsum with establishment of perennials improves saline soil properties // *Journal of Soil and Water Conservation*. 2024. 79(6). P. 271–279. DOI: 10.2489/jswc.2024.00082.

29. *World Reference Base for Soil Resources*. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps // *World Soil Resources Reports*. Rome: FAO, 2022. No 106. P. 181.

30. Yang S., Hao X., Xu Y., Yang J., Su D. Meta-Analysis of the Effect of Saline-Alkali Land Improvement on SOC // *Life*. 2022. 12(11). 1870. P. 1–16. DOI: 10.3390/life12111870.

*Поступила в редакцию 08.08.2025 г.*

**Nosova M. V., Seredina V. P., Stovbunik S. A. Economic efficiency of reclamation of technogenically saline soils in the conditions of the middle taiga subzone of Western Siberia (Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug).** –

In the middle taiga of Western Siberia, soil salinization due to spills of highly mineralized formation waters creates long-term environmental risks and costs for subsoil users. The paper estimates the economic efficiency of a three-stage reclamation (drainage → gypsum application → phytoremediation with native salt-tolerant species) in a local area of technogenic salinization (Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug, 0.6 ha). The discounted cash flow approach is used to compare the costs of restoration with the environmental damage prevented according to the current methodology. It is shown that the complex of engineering and biological measures provides an ecologically measurable effect and positive project economics with a 15-year horizon. The results are consistent with modern data on increased efficiency when combining gypsum with organic ameliorants and/or phytoremediation. The practical significance lies in the algorithm for justifying investments in reclamation for regions with a humid climate and technogenic halogenesis. The analysis demonstrates that strategic investments in ecological restoration can be transformed into a form of economic benefit, ensuring a balance between the interests of business and society.

*Keywords:* soil reclamation, technogenic salinization, economic efficiency, phytoremediation, oil production, environmental damage, Western Siberia.

**Носова Мария Владимировна**

кандидат биологических наук,  
специалист по экологической безопасности  
ООО «Сахалинская Энергия», г. Южно-Сахалинск, РФ.  
E-mail: [nsmvsh@mail.ru](mailto:nsmvsh@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-7985-6474  
AuthorID: 1043987

**Nosova Maria Vladimirovna**

Candidate of Biological Sciences;  
environmental protection specialist,  
Sakhalin Energy LLC, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian  
Federation.

**Середина Валентина Петровна**

доктор биологических наук,  
профессор кафедры почвоведения и экологии почв  
Национального исследовательского Томского  
государственного университета, г. Томск, РФ.  
E-mail: [seredina\\_v@mail.ru](mailto:seredina_v@mail.ru)  
ORCID: 0000-0002-7432-1726  
AuthorID: 434107

**Seredina Valentina Petrovna**

Doctor of Biological Sciences;  
Professor of the Department of Soil Science and Soil  
Ecology of the National Research Tomsk State  
University, Tomsk, Russian Federation.

**Стовбуник Сергей Анатольевич**

главный специалист Управления экологии  
ООО «РН-Проектирование Добыча», г. Томск, РФ.  
E-mail: [StovbunikSA@rn-pd.rosneft.ru](mailto:StovbunikSA@rn-pd.rosneft.ru)

**Stovbunik Sergey Anatolievich**

Chief Specialist of the Ecology Department of RN-  
Design Extraction LLC, Tomsk, Russian Federation.