УДК 504; https://doi.org/10.37878/2708-0080/2022-1.08

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Г.М. МИНЖАНОВА[1]*,
кандидат химических наук,
старший преподаватель,
https://orcid.org/0000-0002-3223-5571,
guldana.mg@gmail.com

Ж.С. ТУЛЕМИСОВА[2],
PhD, ассистент-профессор,
https://orcid.org/0000-0003-1803-4535, kense@kbtu.kz

А.Е. ЧАКЛИКОВ[2],
докторант, сеньор-лектор,
https://orcid.org/0000-0001-8316-6599, kense@kbtu.kz

А.З. ГАЛЫМЖАН[2],
магистрант, младший
научный сотрудник,
https://orcid.org/0000-0002-3080-7206, kense@kbtu.kz

[1]НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ»,
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71

[2]АО «КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Республика Казахстан, 050000, г. Алматы, ул. Толе би, 59

В статье рассмотрены вопросы оценки экологического и геоэкологического рисков для обеспечения экологической безопасности на нефтегазовых месторождениях. Отмечено, что геоэкологический риск зависит как от пространственных, так и от временных характеристик осваиваемой территории, определяемых различными факторами. Обсуждаются виды антропогенного воздействия на нефтегазовых месторождениях и их влияние. Подробно рассмотрен методологический подход к оценке геоэкологического риска применительно к геолого-разведочным работам. Произведена оценка вероятности возникновения негативных последствий при проведении геолого-разведочных работ на нефтегазовых месторождениях. Предложена последовательная блок-схема управления природно-техногенными процессами, а также природоохранные мероприятия, которые основаны на количественной оценке рисков и способствуют снижению неблагоприятных воздействий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экологическая безопасность, геологоразведочные работы, экологический риск, геоэкологический риск.*

МҰНАЙ-ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК

Г.М. МИНЖАНОВА[1*], химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, https://orcid.org/0000-0002-3223-5571, guldana.mg@gmail.com;
Ж.С. ТӨЛЕМІСОВА[2], PhD, ассистент-профессоры, https://orcid.org/0000-0003-1803-4535, kense@kbtu.kz;
А.Е. ЧАКЛИКОВ[2], докторант, сениор-лекторі, https://orcid.org/0000-0001-8316-6599, kense@kbtu.kz;
А.З. ҒАЛЫМЖАН[2], магистрант, кіші ғылыми қызметкері, https://orcid.org/0000-0002-3080-7206, kense@kbtu.kz

[1]ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ КЕАҚ,
Қазақстан Республикасы, 050040, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

[2]«ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» АҚ
Қазақстан Республикасы, 050000, Алматы қ., Төле би к-сі, 59

Мақалада мұнай-газ кен орындарындағы экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін экологиялық және геоэкологиялық қауіптерді бағалау мәселелері қарастырылған. Мақалада геоэкологиялық тәуекел әр түрлі факторлармен анықталған игерілетін аумақтың кеңістіктік және уақытша сипаттамаларына байланысты екендігі айтылған. Мұнай-газ кен орындарындағы антропогендік әсердің түрлері және олардың әсері қарастырылады. Геологиялық барлау жұмыстарына қатысты геоэкологиялық тәуекелді бағалаудың әдіснамалық тәсілі егжей-тегжейлі қарастырылған. Мұнай-газ кен орындарында геологиялық барлау жұмыстарын жүргізу кезінде жағымсыз салдарлардың туындау ықтималдығына бағалау жүргізілді. Табиғи-техногендік процестерді басқарудың дәйекті блок-схемасы, сондай-ақ тәуекелдерді сандық бағалауға негізделген және қолайсыз әсерлерді азайтуға ықпал ететін экологиялық шаралар ұсынылады

ТҮЙІН СӨЗДЕР: *экологиялық қауіпсіздік, геологиялық барлау жұмыстары, экологиялық тәуекел, экологиялық тәуекел.*

ENVIRONMENTAL SAFETY AT OIL AND GAS FIELDS

G.M. MINZHANOVA[1]*, Candidate of Chemical Sciences, senior lecturer, https://orcid.org/0000-0002-3223-5571, guldana.mg@gmail.com;
Zh.S. TULEMISSOVA[2], PhD, assistant professor, https://orcid.org/0000-0003-1803-4535, kense@kbtu.kz;
A.E. CHAKLIKOV[2], PhD doctoral student, senior lecturer, https://orcid.org/0000-0001-8316-6599, kense@kbtu.kz;
A.Z. GALYMZHAN[2], master degree student, junior researcher, https://orcid.org/0000-0002-3080-7206, kense@kbtu.kz

[1]AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY
71, Al-Farabi av., Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan

[2]KAZAKH BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY
59, Tole bi av., Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan

The article deals with the issues of assessing environmental and geoecological risks to ensure environmental safety at oil and gas fields. The article notes that the geoecological risk depends on both the spatial and time-response characteristics of the territory being developed, determined by various factors. The types of anthropogenic impact on oil and gas fields and their influence are considered. The methodological approach to the assessment of geoecological risk in relation to geological exploration is considered in detail. An assessment was made of the likelihood of negative consequences occurring during geological exploration work at oil and gas fields. A consistent block scheme of the management of natural and technogenic processes is proposed, as well as environmental measures that are based on a quantitative assessment of risks and help reduce adverse impact.

KEY WORDS: *environmental safety, geological exploration, environmental risk, geoecological risk.*

Под экологической безопасностью в качестве составной части национальной безопасности понимается состояние защищенности прав и жизненно важных интересов человека, общества и государства от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на окружающую среду [1,2]. Необходимым элементом процесса обеспечения экологической безопасности в стране является определение и управление экологическими и другими рисками.

Экологический риск – это оценка вероятности появления негативных изменений в окружающей природной среде на всех уровнях, от точечного до глобального, вызванных антропогенным или иным воздействием.

В частности, геологоразведочные работы (ГРР) на нефть и природный газ – это совокупность производственных и научно-изыскательских работ по геологическому изучению недр, выявлению перспективных территорий, открытию месторождений, их оценке и подготовке к разработке. Конечная цель ГРР – подготовка запасов полезных ископаемых, а основной принцип ГРР – комплексное геологическое изучение недр [3].

Нефтегазовый комплекс в целом, а ГРР в частности, являются одним из основных загрязнителей окружающей среды. При производстве геологоразведочных работ происходит нарушение земной поверхности: деформация структуры, ухудшение качества почвенного слоя, уничтожение травяного покрова, вырубка кустарников и деревьев, уплотнению и загрязнению почвенного слоя горюче-смазочными материалами, промывочными растворами и буровым шламом. На промышленной

Таблица 1 – **Влияние поисково-разведочных и эксплуатационных работ, проводимых на нефтяных месторождениях на окружающую среду [6]**

Производственно-технопогические стадии	Природные объекты		
	Литосфера (земная поверхность, недра)	**Гидросфера (водная среда, подземные воды)**	**Атмосфера (атмосферный воздух)**
Поиск и разведка	- нарушение и загрязнение почвенного и растительного покрова; - отчуждение земли под строительство буровых установок и размещение временных поселков; - активизация экзогенных геологических процессов; - снижение биопродуктивности экосистем.	- загрязнение поверхностных и подземных вод промывочной жидкостью; - засоление поверхностных водоемов, при самоизливе рассолов, вскрытых структурно-поисковыми и разведочными скважинами.	- аварийные выбросы нефти и газа в процессе бурения и освоения скважин; - газопылевое загрязнение при строительстве дорог и промышленных площадок.
Добыча	- изъятие земель из сельскохозяйственного оборота под нефтепромысловые объекты.	- нарушение изолированности водоносных горизонтов из-за перетоков.	- загрязнение УВ, сероводородом, оксидами серы и азота при эксплуатации скважин; - выделение отработанных газов транспортными средствами и двигателями буровых установок.
Первичная переработка и транспортировка	- отвод земель под складирование отходов; - нарушение экологической обстановки при строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов.	- утечка нефтепродуктов и химических реагентов из резервуаров и дозирующих установок; - загрязнение поверхностных и подземных вод ГСМ, бытовыми и техническими отходами.	- распыление и разлив нефти и нефтепродуктов; - потери при испарении легких фракций нефти во время хранения в резервуарах и производстве сливоналивных операций.

площадке располагаются буровое оборудование, включая отстойники для очистки промывочной жидкости, емкости с горюче-смазочными материалами и санитарно-бытовые помещения, дороги и инженерные коммуникации, располагаемые в пределах площадки. Наибольшие нарушения земной поверхности при геологоразведочных работах, наблюдаются при проходе канав в связи с образованием полостей и расположением около них породных отвалов. При этом площадь, занимаемая отвалами, больше площади самой канавы.

Бездорожное передвижение транспортных и технологических колесных и гусеничных машин в процессе геологоразведочных работ оказывает наиболее существенное отрицательное влияние на почвенно-растительный слой в тундровых и аридных районах, в которых восстановление естественных ландшафтов затруднено малой интенсивностью протекания природных биологических процессов. В то же время транспортные трассы связаны с временным изъятием из фонда сельскохозяйственных или других земель того или иного участка. Эти участки, если они располагаются не на пахотных землях, не учитываются.

Сейсморазведка, проводимая со взрыванием зарядов в скважинах, нарушает растительно-почвенный слой с образованием полости – деформированной скважины с воронкой выброса в устьевой части и закрепления поверхности выброшенной при взрыве породы. Как образованная на поверхности полость, так и сама скважина, представляют опасность для людей и животных [4,5]. Бурение скважин приводит к нарушению земной поверхности, растительности, загрязнению атмосферы и водных объектов.

С целью предупреждения или сокращения негативных процессов при ГРР необходимо разработать концепцию проведения экологических мероприятий, но прежде всего следует определить риски на протяжении всего жизненного цикла освоения месторождения – от ГРР до ликвидации инфраструктуры нефтяного промысла. Важной составляющей такой концепции является предварительная оценка экологического риска, которая актуальна, так ак некоторые объекты осваиваемой территории относятся к категории опасных производственных объектов [7].

Оценка экологического риска (ОЭР) (Environment Risk Assessment, ERA) – процесс оценки вероятности возникновения обратимых или необратимых изменений в биогеохимической структуре и функциях экосистем в ответ на антропогенное воздействие. Антропогенное воздействие или «стрессор», под которым понимается воздействующий агент (вещество) химической, биологической или физической природы. Воздействие стрессоров можно наблюдать во всех звеньях биогеохимических трофических цепей – от микроорганизмов до человека, в том числе от индивидуума до популяции или экосистемы (*рисунок 1*).

Необходимость проведения экологической оценки риска возникает тогда, когда прямой и однозначный ответ затруднен в связи с наличием большого числа неопределенностей при описании жизненных циклов химических продуктов (поллютантов) – от добычи и переработки сырья до его последующего использования. Очень редко может быть дан однозначный ответ обо всех стадиях и процессах, происходящих в течение жизненного цикла данных продуктов, так как в подавляющем большинстве случаев знания либо недостаточны, либо некорректны, либо соотносятся лишь

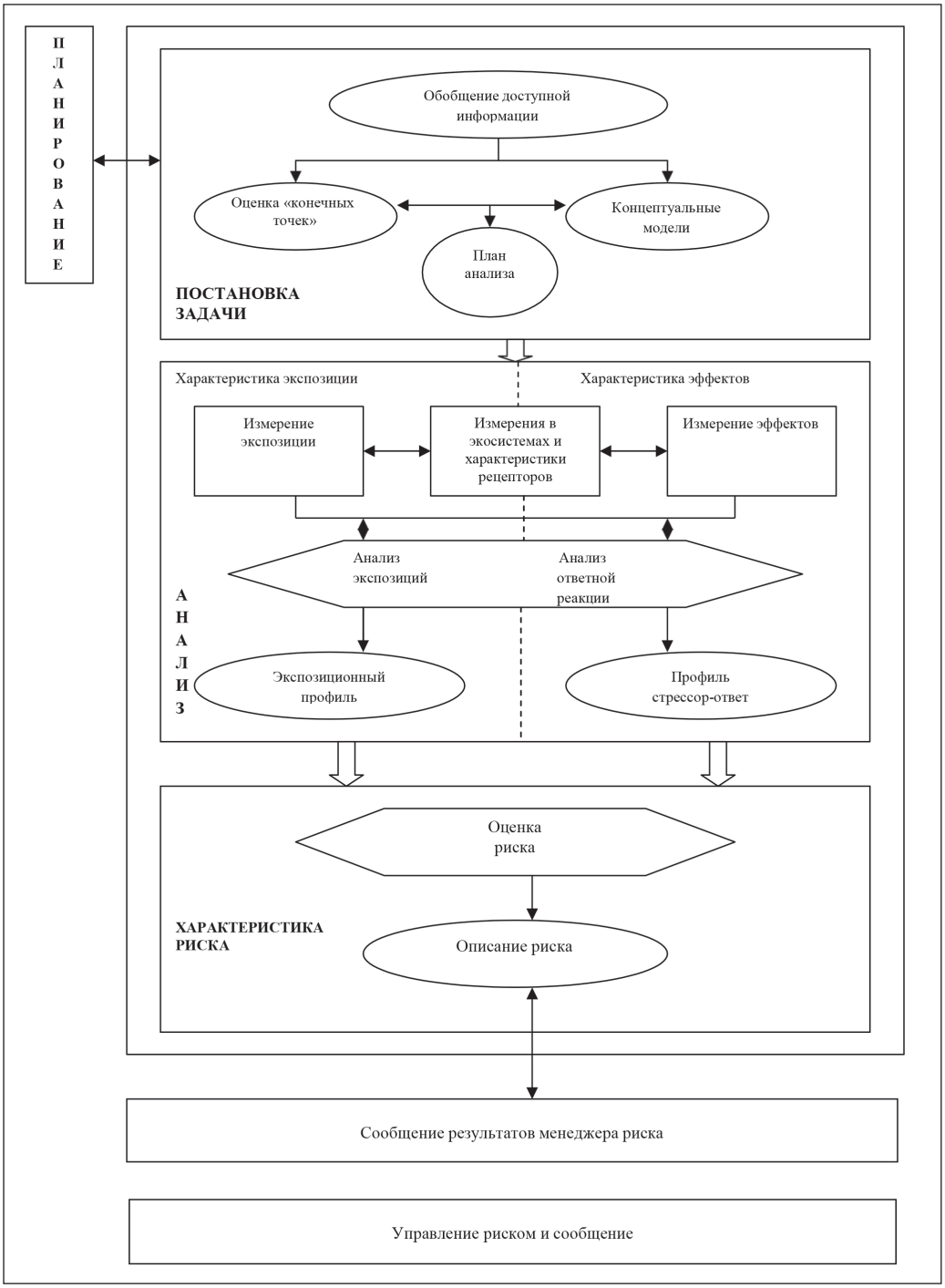


Рисунок 1 – Структура оценки экологического риска

косвенно с рассматриваемым загрязнителем [8]. На первой стадии при ГРР необходимо определить цель оценки, задачи и определяется схема последующего анализа и характеристики риска. На этом этапе необходимо обобщить всю доступную информации, касающейся конкретной экосистемы (ландшафта или природно-), источников загрязнений и их природы, факторы экологического риска (факторы отрицательного воздействия ГРР на окружающую среду). Вторая стадия включает анализ риска при ГРР, а третья – характеристика риска [7].

Помимо экологического риска особый интерес представляет геоэкологический риск (ГР). Это связано с тем, что нефтегазоносные районы занимают значительные площади, на которых формируются техногенное загрязнение окружающей среды. Основными загрязнениями являются сырая нефть, сточные воды, продукты сжигания попутных газов, высокоминерализованные попутные воды. Техногенная трансформация природных ландшафтов в районах разведки и добычи происходит в результате механических нарушений поверхности и гидродинамические нарушения геологической среды.

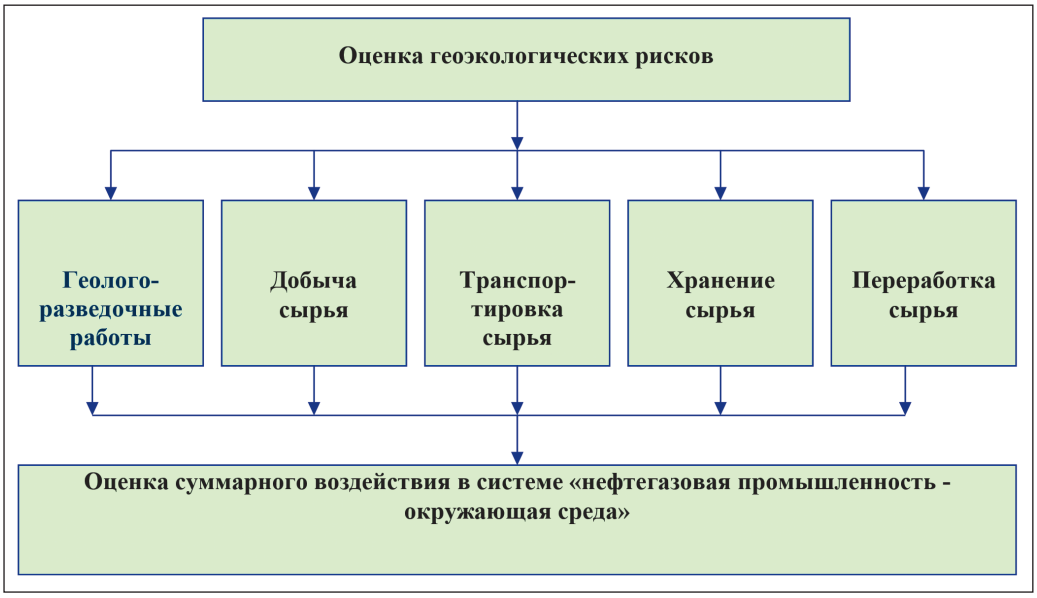
При разработке газовых и нефтяных месторождений и при сгорании факелов в атмосферу выбрасывается большое количество метана и других углеводородов.

Для количественной оценки негативных последствий функционирования природно-техногенных систем при геолого-разведочных работах используется понятие «геоэкологические риски».

Таблица 2 **– Оценка доступной информации на стадии постановки задачи**

Рассматриваемый объект	Ключевые вопросы
Источники и характеристики стрессора	Является ли источник антропогенным, естественным, точечным или диффузным? Какова интенсивность стрессора (доза или концентрация химиката)? Как поллютант воздействует на организмы и функции экосистемы?
Характеристики воздействия	С какой частотой наблюдается воздействие стрессора (является ли оно эпизодическим или продолжительным, ежедневным, сезонным или ежегодным)? Какова продолжительность воздействия стрессора. Как долго он сохраняется: в природной среде (каков период полувыведения, происходит ли его биоаккумуляция)? Когда происходит воздействие относительно жизненного цикла критического организма или событий в экосистеме (например, воспроизведение, сезонная циркуляция воды в озере)? Каков пространственный масштаб воздействия (локальный, региональный и т. п.)? Специфично ли оно для определенной среды обитания или проявляется на уровне всей экосистемы? Как стрессор мигрирует в окружающей среде?
Экосистемы, подвергающиеся потенциальной опасности	Каковы географические границы экосистемы и как они соотносятся с ее функциональными характеристиками? Каков ключевой абиотический фактор, воздействующий на экосистему (например, климат, гидрология, тип почвы, качество воды)? Где и как функциональные характеристики управляют экосистемой (например, источник энергии, круговорот питательных веществ)?

Рисунок 2 – **Структура исследований при разработке методологии оценки ГР [9]**



Под геоэкологическими рисками понимаются, как риски, обусловленные совокупным воздействием природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды и здоровье человека в зонах воздействия объектов нефтегазовой промышленности, так и риски, обусловленные воздействием природных факторов на развитие самой нефтегазовой промышленности.

Также под геоэкологическими рисками понимаются вероятностную меру опасности или степень вероятности нарушения устойчивости окружающей среды при любых воздействиях.

Основываясь на анализе ряда работ (Карпенко Н.П., Айдаров А.П.) [10,11] по управлению геоэкологическими рисками, структура ГР R определяется как вероятность возникновения негативных последствий, вызываемых развитием природно-техногенных процессов и соответственно экологических ущербов, выражается следующей формулой:

$$R = \sum_{i=1}^{n} P_i W_i \cdot \sum_{j=1}^{m} U_j W_j, \qquad (1)$$

где P – оценка факторов вероятности возникновения негативных последствий, W – оценка ущербов, i, j – число факторов.

Расчет геоэкологического риска предлагается проводить на основе каждого техногенного процесса:

$$\mathrm{R_i} = N_{\mathrm{ij}}(\sum k_{\mathrm{ij}}) : N_{\mathrm{j}}(\sum k_{\mathrm{j}}), \qquad (2)$$

где i – индекс техногенного процесса, j – индекс последствия воздействия негативного процесса N_{ij} и N_j – количество возможных видов последствий техногенного

воздействия на территории освоения, k_{ij} и k_j – коэффициенты значимости всех j-последствий и последствий i-процесса.

Затем, суммируя R_i, выводится общий (обобщенный) геоэкологический риск (R_0).

При проведении ГРР в пределах установленных природно-техногенных систем к основным факторам, которые влияют на ГР, относятся следующие: исходное состояние природной среды, интенсивность техногенных работ, масштаб техногенного воздействия, потенциальная устойчивость природной среды, погодные показатели, состояние компонентов окружающей среды и т.д.

Применив метод факторного анализа, был предложен следующий вариант вероятности отрицательных последствий при ГРР:

Таблица 3 – **Оценка вероятности возникновения негативных последствий при ГРР**
(составлена авторами)

Негативные последствия	Вероятность возникновения негативных последствий
Нарушение земной поверхности	0,8 – 1,0
Деградация почвенного покрова	0,8 – 0,9
Деградация растительности	0,8 – 1,0
Загрязнение атмосферы	0,4 – 0,6
Загрязнение водных объектов	0,6 – 0,8
Подъем подземных вод	0,4 – 0,6
Сокращение биоразнообразия	0,3 – 0,5
Крупные провалы в пределах территории при работе технических систем	0,1 – 0,2

P = 0,1-0,2 – маловероятны; P = 0,2-0,5 – возможны; P = 0,5 – 0,8 – вероятны; P > 0,8 – весьма вероятны.

Негативные последствия, которые с высокой долей вероятности возникают при буровых работах, сейсморазведке (взрывные работы) и т.д.

Для того, чтобы снизить риски геолого-разведочных работ необходимо разработать и обосновать систему управления рисками для эффективной разработки и внедрения природоохранных мероприятий. Природоохранные мероприятия следует разрабатывать, устанавливая точные сроки реализации и назначая рабочую группу. Это соответствует мировой практике экологического менеджмента, который следует внедрять на предприятиях нефтегазовой отрасли.

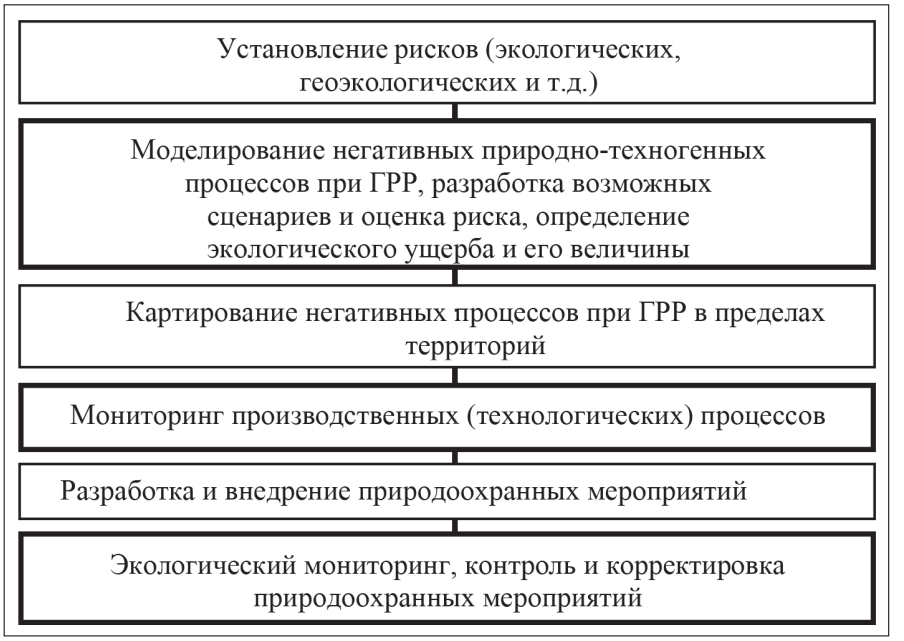


Рисунок 3 – **Схема управления природно-техногенными процессами для обеспечения экологической безопасности** (блок-схема предложена авторами)

Таблица 4 – **Разработка природоохранных мероприятий для снижения негативных последствий**

Негативные процессы	Природоохранные мероприятия
Деградация почвенного покрова	Снятие и хранение плодородного и нижележащего слоя почвы (хранение зависит от срока работ).
Уменьшение сдуваемости пылевых частиц с отвала	Покрытие участка водным раствором полимеров в концентрации 0,2 – 0,5 %.
Бурение скважин	Оборотное водоснабжение (использование промывочного раствора при бурении следующих скважин).
Эрозия почв	Посев многолетних трав.
Засоление почв	Капитальные и эксплуатационные промывки.
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Контроль и своевременная регулировка двигателей автотракторной техники и другого оборудования, плановый осмотр техники.
Загрязнение поверхностных и подземных вод	Размещение площадки за пределами водоохранных зон водных объектов.
Подъем грунтовых вод	Строгий контроль за утечками воды в скважинах.
Воздействие на животный мир	Выбор места размещения площадки строительства с учётом мест размножения и линьки животных и птиц, выкармливания молодняка, нереста, нагула рыб; Проведение работ в периоды отсутствия миграции животных; Проведение вскрышных работ в осенний период.
Шумовое и др. загрязнение	Оснащение технологического оборудования предохранительными устройствами; расположение оборудования на рабочих площадках с учетом розы ветров.

Выводы

1. Идентификация неблагоприятных процессов и оценка рисков способствуют разработке природоохранных мероприятий, направленных на их смягчение.

2. Оценка опасных рисков ведет к сокращению экологического ущерба, что в свою очередь обеспечивает экологическую безопасность ГРР, а также, возможно, и других подсистем нефтегазовой отрасли.

2. Схема управления природно-техногенными процессами, т.е. рисками выявила комплексный последовательный подход для эффективной разработки природоохранных мероприятий и оптимизации производственных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями от 27.12.2021 г.) [Code of the Republic of Kazakhstan dated January 2, 2021№ 400-VI "Environmental Code of the Republic of Kazakhstan" (amended and supplemented on December 27, 2021)]

2 Постановление Правительства Республики Казахстан № 479 от 29 июля 2020 г. «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Концепции по перехода Республики Казахстан к «зеленой экономике» на 2021-2030 гг.». URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2000000479 (дата обращения 20.06.2021 г.) [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 479 dated July 29, 2020 "On approval of the Action Plan for the implementation of the Concept for the Transition of the Republic of Kazakhstan to a "green economy" for 2021-2030". URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2000000479 (accessed 20.06.2021)]

3 Стадии геологоразведочных работ (ГРР). neftegaz.ru/tech-library/geologorazvedka-i-geologorazvedochnoe-oborudovanie/142245-stadii-geologorazvedochnykh-rabot-grr/

4 Комащенко В. И., Голик В.И., Дребенштедт К. Влияние деятельности геологоразведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду. Монография. – Москва: «КДУ», 2010. – 356 с. [V.I. Komashchenko, V.I. Golik, K. Drebenstedt The impact of the activities of the exploration and mining industry on the environment: Monograph. – Moscow: "KDU", 2010. – 356 p.]

5 Полозов М.Б. Экология нефтегазодобывающего комплекса: Учебно-методическое пособие. – Ижевск: Удмуртский университет, 2012. – 174 с. [Polozov M.B. Ecology of the oil and gas complex: Educational and methodological manual. – Izhevsk: Udmurt University, 2012. – 174 p.]

6 Кузнецова Т.О. Экологическая безопасность в нефтегазовой отрасли: учебное пособие / Т.О. Кузнецова, Е.П. Варавина. – Х.: НТУ «ХПИ», 2015. – 77 с.[Kuznetsova T.O. Environmental safety in the oil and gas industry: textbook / T.O. Kuznetsova, E.P. Varavina. – H. : NTU "KhPI", 2015. – 77 p.]

7 Гайсина Л.Г. Риски при проведении геологоразведочных работ на больших глубинах // Георесурсы. – 2015. – № 1(60). – С. 66-69. [L.G. Gaisina Risks during geological exploration at great depths // Scientific and technical journal Georesources. – 2015. – №1(60). – Pp. 66-69.]

8 Марунин В.И., Авдонина Л.А. Основы экологического риска. Практикум: учебное пособие / Под редакцией Н.Н. Вершинина, Пенза, Издательство ПГУ 2012. – 118 с. [Marunin V.I., L.A. Avdonina Fundamentals of environmental risk. Workshop: textbook / Edited by N.N. Vershinin, Penza, PGU Publishing House 2012. – 118 p.]

9 Самсонов Р.О. Оценка и управление геоэкологическими рисками в газовой отрасли // Нефтегазовое дело. – 2007. – №1 С. 1-21 [Samsonov R.O. Assessment and management of geo-environmental risks in the gas industry// Oil and gas business. – 2007. – №1 – P. 1-21.]

10 Карпенко Н.П. Структура и оценка геоэкологических рисков// Природообустройство. – 2003. – №3. – С. 45-50. [Karpenko N.P. Structure and assessment of geoecological risks// Environmental engineering. – 2003. – No. 3. – P. 45-50.]

11 Айдаров А.П. Методология и качественная оценка экологической безопасности функционирования природно-антропогенных систем // Доклады РАСХН. – 2003. – №3. – С. 32-36. [Aidarov A.P. Methodology and qualitative assessment of the environmental safety of the functioning of natural-anthropogenic systems // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2003. – No. 3. – P. 32-36.]