САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ГАВРИЛЕНКО Александр Сергеевич**

**Выпускная квалификационная работа**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ**

Основная образовательная программа магистратуры

«Геоэкологический мониторинг и рациональное природопользование»

Научный руководитель: д. г-м. н.,

Профессор ОПЕКУНОВ Анатолий Юрьевич

Рецензент: начальник экоаналитической лаборатории ИТЦ  
ООО «Газпром добыча Надым»,  
Юмшанова Лилия Николаевна,

Санкт-Петербург

2018

**Аббревиатуры**

ГН – гигиенические нормативы

ГОСТ – государственный стандарт

ИЗВ – индекс загрязнения воды

ИТЦ – инженерно-технический центр

ЛУ – лицензионный участок

ЛЭМ – локальный экологический мониторинг

ММП – многолетнемерзлые породы

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение

НУВ – нефтяные углеводороды

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПТК – природно-территориальный комплекс

ПЭК – производственный экологический контроль

СанПиН – санитарные правила и нормы

СТО – стандарт отрасли

Оглавление

Введение4

Глава 1. Физико-географическая характеристика полуострова Ямал6

1.1 Геолого-географическое строение6

1.2 Климатические особенности 17

1.3 Гидрографическая сеть 19

1.4 Почвы и растительность21

1.5 Общие сведения о Бованенковском НГКМ29

Глава 2. Влияние нефте- и газодобывающей отрасли на состояние природной среды полуострова Ямал33

2.1 Геомеханическое воздействие на почвы и растительность33

2.2 Химическое загрязнение природной среды35

2.2.1 Содержание нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах35

2.2.2 Загрязнение тяжелыми металлами37

Глава 3. Методика исследований40

3.1 Производственный экологический контроль и экологический мониторинг в системе природоохранных мероприятий 40

3.2 Программа ЛЭМ окружающей среды Бованенковского лицензионного участка43

3.3 Методика проведения производственного экологического мониторинга 45

3.4 Методы лабораторных исследований47

Глава 4. Результаты исследования и обсуждение49

4.1 Результаты ЛЭМ за 2014-2016 гг.49

4.2 Результаты ЛЭМ за 2017 год60

4.3 Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах и

донных осадках61

Заключение69

Список литературы71

**Введение**

Добыча нефти и газа в Западной Сибири на протяжении многих лет является ведущей отраслью промышленности Российской Федерации. Благодаря развитию промышленной и транспортной инфраструктуры усиливается техногенное воздействие на тундровые геосистемы. Одним из самых перспективных регионов для нефтяной и газовой отрасли является полуостров Ямал – предварительно оцененные запасы газа превышают 16,7 трлн куб. м., нефти – 292 млн тонн. На сегодняшний день продолжается активное освоение природных ресурсов полуострова. Прогнозируемые запасы полезных ископаемых, совершенствование методов их добычи и освоение ранее недоступных территорий говорит о том, что ещё долгое время нефтегазовый комплекс будет являться залогом стабильной экономической ситуации в нашей стране, поскольку природный газ и нефть служат основными источниками энергоснабжения нашей страны и других государств.

В современных условиях эксплуатации северных территорий важно контролировать влияние нефте- и газодобывающей отрасли на состояние природной среды. Промышленное освоение региона требует учитывать его геоэкологические особенности: они определяют возрастающую нагрузку на природно-территориальные комплексы (ПТК) севера и характеризуют сложность этого освоения. В то же время, увеличение присутствия антропогенного воздействия является причиной снижения устойчивости среды к техногенезу. Специфику взаимоотношений человека и окружающей среды определяют природные зоны, в которых расположена территория полуострова, а также распространение многолетнемерзлых пород. Воздействуя на один из компонентов экосистемы, возможно нарушение взаимодействия между другими её функционирующими элементами, что может привести к деградации земельных ресурсов, загрязнению поверхностных и подземных вод, сокращению биоразнообразия экосистем, внесению в окружающую среду искусственно созданных человеком химических соединений.

Для обеспечения добычи на Ямальском полуострове формируется сеть комплексов –месторождений с необходимой для существования промышленной и жизнеобеспечивающей структурами. Одним из самых крупных месторождений является Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) – его начальные запасы природного газа составляют 4,9 трлн куб. м. Хорошо развитая инфраструктура, объемы работ по добыче полезных ископаемых, количество эксплуатируемых дожимных компрессорных станций, пробуренных скважин и других стратегически и экономически важных объектов месторождения говорит о масштабах оказываемого воздействия на ПТК, в котором расположено Бованенковское НГКМ. На сегодняшний день сформировалась тенденция к повышению температуры на месторождении в летний период, что приводит к ограничению добычных возможностей и риску изменения геокриологических условий.

Необходимо учитывать особенности экосистемы северных территорий: низкий биопродукционный потенциал, малая скорость обменных процессов, низкий показатель устойчивости к вредоносным воздействиям, значительная заболоченность территории – это требует наличия системы наблюдений за состоянием эксплуатируемой территории, оценки и прогноза изменения её состояния под воздействием не только антропогенных, но и природных факторов. Данная система функционирует на территории объектов добычи полезных ископаемых и осуществляется в виде локального экологического мониторинга (ЛЭМ). Она позволяет получить необходимые сведения о состоянии компонентов природной среды, оценить степень техногенного воздействия и прогнозировать дальнейшие изменения в экосистеме. Таким образом, актуальность исследования заключается в необходимости наличия эффективной системы охраны окружающей среды территорий крайнего севера, уязвимых к техногенному воздействию.

Объектом исследования являются компоненты природной среды территории лицензионного участка (далее – ЛУ) Бованенковского месторождения

Предмет исследования – содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов в воде, почвах и донных осадках, определяющие степень антропогенного воздействия на эксплуатируемую территорию.

В связи с возрастающей техногенной нагрузкой на территории месторождения осуществление ЛЭМ позволит проанализировать интегральные показатели состояния и изменения компонентов окружающей среды для предотвращения её загрязнения. Оценка состояния природной среды Бованенковского НГКМ явилась **целью** данной работы.

Для достижения цели были определены и выполнены следующие **задачи**:

1. Проработать источники литературы по данной проблеме.
2. Изучить программу локального экологического мониторинга окружающей среды Бованенковского лицензионного участка.
3. Проанализировать результаты ЛЭМ окружающей среды Бованенковского НГКМ за 2014-2017 гг.
4. Отобрать пробы почв и донных отложений для проведения химического анализа на содержание подвижных форм тяжелых металлов.
5. Провести химический анализ отобранных проб на содержание подвижных форм тяжелых металлов.
6. Сопоставить результаты ЛЭМ за 2017 год с результатами исследования.
7. Сформулировать выводы.

**Научная новизна работы.** Впервые в пределах Бованенковского НГКМ выполняется анализ на содержание подвижных форм тяжелых металлов в донных осадках и почвах. Кроме того, работа выполнена в рамках ЛЭМ окружающей среды Бованенковского НГКМ за 2017 год с целью сравнения результатов.

**Глава 1. Физико-географическая характеристика полуострова Ямал**

* 1. **Геолого-географическое строение**

Ямальский полуостров входит в состав Ямало-Ненецкого автономного округа, расположенного на Западно - Сибирской равнине, в основе которой лежит одноимённая эпигерцинская плита. Две части полуострова расположены в неоднородных геологических условиях: южная часть относится к внешнему поясу Западно - Сибирской плиты, образующему её борт, где происходит погружение фундамента, северная – к внутренней области Западно - Сибирской плиты. Особенности расположения Ямала определяют единообразие в расчлененности его геологического разреза на три структурных этажа: фундамент, промежуточный структурный этаж и платформенный чехол (Подрушин, 2011).

Главной чертой рельефа полуострова Ямал является его ступенчатость, террасированность. Современный рельеф сформирован в основном под воздействием процессов морской абразии и аккумуляции в позднеплейстоценовое - голоценовое время.

На полуострове выделяется несколько геоморфологических уровней. Первая морская терраса с абсолютными отметками 7–12 м, поверхность ровная, слаборасчлененная овражной сетью, сильно заозеренная. Встречается фрагментарно, в виде отдельных останцев.

Вторая морская (каргинская) терраса, с абсолютными отметками 14–20 м, сформирована в каргинско-сартанское время. Слабо расчленена овражной сетью. Хорошо развита сеть криогенных полигонов, солифлюкционные террасы. Поверхность заболоченная, на участках расчленения речной и овражно-балочной сетью - слабоволнистая. Глубина расчленения здесь не более 7–10 м. На поверхности террасы сравнительно много термокарстовых котловин, размеры которых обычно не превышают 1 км, много более мелких "хасыреев" и озер (Мокеев и др., 2005).

Характерной особенностью террасы являются обычно заболоченные плоские, а иногда и слабо наклонные поверхности. От дренированных участков они обычно отделяются хорошо выраженным уступом высотой до 1.0–2.0 м.

Долины рек и ручьев, прорезающих каргинскую террасу, делятся на два типа.

* Первый тип - неглубокие, широкие и пологосклонные, маловетвящиеся.
* Второй тип - сравнительно узкие, крутосклонные, ветвистые.

Различия в морфологии, очевидно, связаны с типом отложений, в которых закладывались долины - первый тип приурочен преимущественно к суглинкам, второй к песчано-супесчаным отложениям. Для обоих типов характерны плоские, заболоченные днища; современное русло имеется только у самых крупных речек и ручьев.

Третья морская терраса занимает обширные пространства с абсолютными отметками 25–35 м. Сформирована в зырянско-каргинское время, в период регрессии морского бассейна. Поверхность ее слабоволнистая, разработана эрозионными и экзогенными процессами. Хорошо развиты криогенные формы рельефа, особенно термокарст. Многочисленные мелкие долины имеют плоские и плоско-вогнутые днища, освоенные современной речной сетью только в низовьях и сильно заболоченные в верховьях.

В геологическом строении верхней части земной коры Ямала принимают участие породы от складчатого до мезозойского фундамента и осадочного чехла, сложенного мезозойскими и кайнозойскими отложениями.

Территория полуострова сложена чехлом рыхлых четвертичных отложений, мощность которых достигает 200 и более метров. Отложения этого возраста представлены в основном песками, алевролитами и глинами с включениями обугленных растительных остатков и обломков макрофауны (Мокеев и др., 2005).

Формирование рельефа и строение толщи четвертичных отложений обязаны своим развитием крупному морскому бассейну, который простирался до Сибирских Увалов, при этом континентальные ледниковые отложения в разрезе четвертичных отложений отсутствуют. Трансгрессии морского бассейна в Казанцевскую и Зырянскую эпохи сгладили почти все неровности древнего рельефа; регрессии, в связи с понижением базиса эрозии, привели к эрозионному врезу с формированием морских и аллювиальных террас. Другая точка зрения утверждает, что в четвертичный период на описываемой территории морские трансгрессии сменялись покровными континентальными оледенениями с соответствующим формированием толщи ледниковых отложений. Главной причиной формирования холмистых гряд и плоских равнин Ямала является движение покровных ледников с шельфа Ледовитого океана (Московченко, 2010).

С поверхности на полуострове широко развиты аллювиальные (или озерно-аллювиальные), аллювиально-морские, озерные, солифлюкционно-делювиальные и биогенные отложения, сформировавшиеся в позднем плейстоцене и голоцене.

Разделение нижне- и среднеплейтоценовых отложений затруднительно, поэтому обычно их рассматривают как единую Ямальскую серию. Эти отложения залегают с резким угловым стратиграфическим несогласием на всех подстилающих породах.

Нижнеплейстоценовые морские отложения (mQI) представлены толщей тяжелых и средних плотных суглинков с прослоями песков (Мокеев и др., 2005).

Среднеплейстоценовые морские, гляциально-морские отложения (m,gmQII) характеризуются двумя разновидностями типов разрезов:

* зеленовато-серые глины и суглинки с ленточно-подобной слоистостью, с раковинами морских двустворок;
* мореноподобные слоистые суглинки и супеси с включениями гравийно-галечного материала.

Верхнеплейстоценовые морские отложения III террасы (mQ2-3III) повсеместно залегают с поверхности в пределах водоразделов. Их мощность составляет от 20 до 40 м. Формирование нижних горизонтов относится к каргинскому времени, а окончание седиментации приходится на начало сартанского времени. В разрезе отложений отчетливо прослеживаются две пачки:

* нижняя - преимущественно песчаная;
* верхняя - глинистая.

Нижняя пачка отложений представлена мелкими и пылеватыми серыми песками с линзами, и прослоями растительных остатков. Пески характеризуются тонкой горизонтальной, пологоволнистой и косой слоистостью. Присутствуют пропластки аллохтонного торфа и угольной крошки, отмечены скопления неразложившихся остатков мохово-кустарничковой растительности, окатыши глины и пятна ожелезнения.

Глинистая пачка отложений имеет нечеткую горизонтальную слоистость, в ней содержатся неразложившиеся растительные остатки, оторфованные горизонты, а также прослои намывного торфа. Мощность глинистой пачки достигает 10-15 м (Мокеев и др., 2005).

Озерные отложения представлены тяжелыми заиленными суглинками, с тонкой горизонтальной слоистостью. Характерно большое количество включений плохо разложившихся растительных остатков, отмечаются прослои погребенного осоково-мохового торфа. В озерных суглинках встречаются тонкие прослои супесей и песков, ожелезнение в виде пятен, слоев и отдельных горизонтов. Повышенное ожелезнение в верхней части разреза озерных отложений косвенно свидетельствует о формировании чаши протаивания под акваториями былых озер и ее последующем промерзании. Мощность озерных отложений составляет от 1 до 5 м, редко более.

Верхнеплейстоцен-голоценовые делювиально-солифлюкционные отложения (dsQIII-IV) со сплошным чехлом покрывают склоны террас. По генезису они относятся к отложениям склонового ряда и формируются в процессе плоскостного смыва и солифлюкционной переработки рельефообразующих пород. Отложения представлены тонкодисперсными пылеватыми разностями (суглинками, реже супесями), характеризуются отсутствием заметной слоистости, обилием включений плохо разложившейся органики, в том числе линз, карманов, прослоев плохо разложившегося торфа. По всему разрезу отмечается ожелезнение, а также небольшие линзы плохо сортированного песка. Делювиально-солифлюкционным отложениям присущи деформации слоев в виде затеков и подворотов, напоминающих криотурбации в сезонноталом слое. Мощность отложений в привершинных частях склонов редко превышает 0,5-1,0 м, у их подножия увеличивается до 4-8 м.

Голоценовые аллювиальные отложения (a QIV) имеют в пределах площади широкое распространение. Они слагают пойменный уровень практически всех рек.  
Их можно разделить на собственно аллювиальные (русловые, пойменные) и полигенетические аллювиально-морские. Последние распространены только в низовьях наиболее крупных транзитных рек, впадающих в Карское море (Мокеев и др., 2005).

Собственно аллювиальные отложения представлены различными по составу породами – от песков до суглинков и глин. Наиболее часто они переслаиваются в разрезе, хотя иногда встречаются и монотонные пачки отложений различного литологического состава.

Аллювиальные пески (русловая фация) в большинстве случаев мелкие, реже средние и пылеватые, с включениями намывного детрита и аллохтонного торфа. В приповерхностных горизонтах отмечены прослои погребенного зольного торфа толщиной до 0,5 м. Для песков характерна типичная аллювиальная слоистость, включения гравийно-галечного материала. В целом пески характеризуются большим содержанием пылеватых частиц (до 50-80%).

Супеси, суглинки и глины относятся к пойменной и старичной фациям аллювия. Тонкодисперсный тип разреза голоценового аллювия чаще всего представлен переслаиванием оторфованных суглинков и супесей. В большом количестве присутствуют включения плохо разложившихся растительных остатков, прослои и линзы намывного торфа и оторфованных песков.

В тыловых частях пойм некоторых рек встречаются горизонты погребенного минерализованного торфа толщиной до 20 см. С глубиной наблюдается постепенное опесчанивание разреза аллювия крупных рек, и с глубины 7-8 м преобладают тонкие пылеватые пески с прослоями супесей. Мощность аллювиальных отложений колеблется от 2 до 12 м, закономерно увеличиваясь вниз по течению.

Голоценовые биогенные отложения (b Q1V), представленные торфом различной  
степени разложения, локально распространены на всех геоморфологических уровнях. Наибольшее развитие торфяники имеют в тыловых частях пойм крупных рек и на плоских участках водоразделов. Как правило, они сосредоточены в депрессиях рельефа; их мощность невелика - до 0,5-1,0 м, редко более (Мокеев и др., 2005).

Преобладает осоково-моховой и моховой плохо разложившийся торф, в нижней части разреза иногда переходящий в среднеразложившийся и хорошо разложившийся. На низких геоморфологических уровнях в торфе местами содержатся тонкие минеральные прослои. Характерны включения остатков болотной и кустарничковой растительности хорошей сохранности.

Согласно проведенным исследованиям (Московченко,2010), при анализе микроэлементного состава почвообразующих пород полуострова Ямал были выявлены следующие основные закономерности:

* Наиболее богатый микроэлементный состав отмечен в породах морского происхождения Бованенковского месторождения (западная часть полуострова), где выявлены повышенные, относительно кларка литосферы, концентрации большой группы микроэлементов - Mn, V, Ti, Cr, Ni, Co, Сu, Nb, Pb
* Весьма беден микроэлементный состав песчаных отложений прибрежных участков (Харасавэйское месторождение, район мыса Каменный и пос. Новый порт) что объясняется абсолютным преобладанием в минеральной части кварца и полевых шпатов (содержание их достигает 90-95%).

Более подробное содержание ТМ представлено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание ТМ (мг/кг) в основных типах четвертичных пород

(Опекунов и др, 2012)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Верхненеоплейстоценовые | | | Голоценовые | |
| Металлы | Аллювиально-морские | Озерно-аллювиальные | | Аллювиальные | |
|  | Глины и суглинки | Глины и суглинки | Супеси |  |  |
| супеси | пески |
|  |  |  |
| Ba | 479 | 543 | 317 | 464 | 313 |
| Mn | 597 | 228 | 89 | 194 | 74 |
| Zn | 76,8 | 39,8 | 10,0 | 15,3 | 5,91 |
| Cu | 20,1 | 9,54 | 3,18 | 3,67 | 1,67 |
| Ni | 30,6 | 15,0 | 3,74 | 6,17 | 1,98 |
| Co | 17,5 | 6,89 | 2,04 | 3,29 | 1,15 |
| Pb | 14,1 | 9,91 | 6,68 | 8,98 | 4,37 |
| Cd | 0,16 | 0,17 | 0,022 | 0,043 | 0,014 |
| Cr | 83,6 | 40,1 | 13,2 | 18,7 | 6,36 |
| Hg | 0,026 | 0,021 | - | 0,008 | - |
| Fe | 23030 | 7420 | 5390 | 8260 | 3080 |
| V | 141 | 60,5 | 18,7 | 28,0 | 9,36 |
| Sc | 10,4 | 3,50 | 2,06 | 3,50 | 1,06 |
| Sr | 186 | 125 | 52,7 | 104 | 45,8 |

Для четвертичных отложений легкого механического состава полуострова Ямал характерно абсолютное доминирование кварцевого песка, и присутствие в незначительном количестве пироксена, эпидота и лимонита; в составе пород тяжелого механического состава глинистая фракция имеет полиминеральный состав, включающий гидрослюды, хлорит, монтмориллонит, каолинит, гидроокислы железа (Московченко Д.В.,2010)

На территории Ямальского полуострова достаточно хорошо развиты криогенные и экзогенные процессы осыпи, обвалы, русловая эрозия, аккумуляция аллювиальных, озерных и морских отложений. Среди криогенных процессов наиболее распространенными являются:

* процессы, связанные с оттаиванием пород и сопровождаемые оттаиванием – термокарст, солифлюкция, термоэрозия, термоабразия, эоловая дефляция;
* процессы, связанные с промерзанием пород, в том числе вызываемые промерзанием – новообразование многолетнемерзлых пород, криогенное пучение, криогенное растрескивание, рост полигонально-жильных льдов, наледеобразование.

Ниже приводится описание условий развития и характер распространения перечисленных ведущих криогенных процессов (Мокеев и др., 2005).

*Термокарст.* Процессы термокарста и связанные с ними формы рельефа развиты очень широко, что обусловлено высокой льдистостью отложений, слагающих верхнюю 10-20 м толщу. Территория характеризуется распространением современных и позднеголоценовых термокарстовых образований преимущественно в минеральных грунтах. Наиболее типичны следующие морфогенетические разновидности термокарстовых форм: озера, хасыреи, плоскозападинные и провально-котловинные формы.

Современный термокарст проявляется очень ограниченно. В основном это термокарст гидротермического типа и термоабразионное разрушение берегов озерных котловин. Преимущественное распространение на этих территориях имеют позднеголоценовые термокарстовые образования, что связано с суровостью современного климата.

*Солифлюкция.* Факторами, определяющими развитие процесса солифлюкции, являются: 1) широкое распространение супесчано-суглинистых пылеватых отложений; 2) высокая влажность отложений, приближающаяся к пределу текучести или превышающая его; 3) наличие высоко льдистых отложений непосредственно под слоем сезонного оттаивания; 4) наличие уклонов, обеспечивающих течение увлажненных пород (обычно от 3 до 15–20). По скорости протекания процесса выделяют медленную и быструю солифлюкции.

Наибольшее площадное распространение на рассматриваемых территориях имеют формы рельефа, образованные медленным течением грунтов по наклонным поверхностям. На участках с отложениями сезонноталого слоя преимущественно супесчано-суглинистого состава, действие процесса солифлюкции наблюдается даже на плоских участках морских террас и равнин, имеющих слабые локальные уклоны поверхности (2–3°).

Быстрая солифлюкция развивается обычно локально на участках достаточно крутых склонов (не менее 15–20), сложенных пылеватыми супесями и суглинками. Быстрые солифлюкционные сплывы обычно носят катастрофический характер, а скорость движения грунтов по склону может достигать нескольких десятков метров в сутки (Мокеев и др., 2005).

Действие этого процесса наблюдается на некоторых участках, на крутых берегах крупных рек и озерных котловин. Эти участки характеризуются близким залеганием к поверхности залежей подземного льда или развитием в верхних горизонтах сильнольдистых дисперсных пород. На таких участках очень часто образуются термоденудационные цирки или уступы. Действие процесса быстрой солифлюкции также наблюдается на участках развития термоэрозии по повторно-жильным льдам.

*Термоэрозия.* Большая часть современной эрозионной сети территории была сформирована в верхнеплейстоцен-голоценовое время, когда происходило формирование поверхности полуострова Ямал. На этот период приходится максимум тектонических движений и формирование комплекса морских и аллювиально-морских террас. При постоянном понижении базиса эрозии происходило интенсивное формирование речных долин и оврагов.

В настоящее время термоэрозионная деятельность поверхностных вод в значительной степени снизилась, но полностью не прекратилась. Наиболее интенсивно термоэрозионный размыв грунтов происходит в пределах крутых берегов рек, озер и вдоль побережья Карского моря. Наиболее часто молодые растущие овраги наблюдаются на подмываемых участках берегов рек Нгури-Яха, Надуй-Яха, Се-Яха.

Активизации процесса термоэрозии па этих участках способствуют такие экзогенные процессы, как боковая эрозия рек и термоабразия берегов озер. На подмываемых участках берега постоянно существуют условия для зарождения и активного развития оврагов. За счет подмыва берега и, следовательно, смещения базиса эрозии в сторону водораздела происходит постоянная активизация процесса эрозии. Стремясь к выработке профиля равновесия, происходит постоянный рост оврага в глубину и в длину. Очень часто на таких участках наблюдаются висячие устья оврагов.

Короткие эрозионные промоины и небольшие овраги наблюдаются в местах прорыва вод из, так называемых, «висячих» озер. Такие озера существуют на рассматриваемой территории в пределах плоских водораздельных поверхностей вблизи верхней бровки склона. Реже они встречаются на склонах долин ручьев и малых рек (Мокеев и др., 2005).

*Термоабразия.* Термическое разрушение берегов озер и морского побережья очень широко распространено на всей территории. Термоабразионной переработке подвержены берега большинства термокарстовых и пойменных озер полуострова. Процесс особенно активен, если в берегах обнажаются отложения с повторно- жильными или пластовыми льдами. Вследствие теплообмена с водой мерзлые породы быстро оттаивают. Оттаявший слой постепенно оплывает, обнажая мерзлую породу, что делает возможным ее непосредственный контакт с водой и быстрое разрушение. В основании берегов обычно образуется волноприбойная ниша, с нависающими над ней блоками мерзлых пород. Последние отрываются от коренного берега главным образом по ледяным жилам н морозобойным трещинам. Обрушившиеся блоки размываются волнами. В результате поддерживается большая крутизна береговых уступов, что способствует их быстрому разрушению. Со временем продукты разрушения коренных берегов накапливаются вдоль береговой линии, образуя отмель.

*Морозобойное растрескивание пород.* Это процесс образования и роста трещин в мерзлом грунте вследствие понижения его температуры в зимнее время ниже 0° С. Морозобойное растрескивание грунтов является одним из наиболее широкораспространенных криогенных процессов, действующих на территории полуострова. Проявление этого процесса наблюдается практически на всех горизонтальных и субгоризонтальных поверхностях всех геоморфологических уровней. Исключение составляют крутые и средней крутизны склоны.

С процессом морозобойного растрескивания грунтов связано образование полигонального микрорельефа и формирование повторно-жильных льдов. Последнее обстоятельство значительно увеличивает содержание льда в мерзлых породах и интенсивно влияет на динамику таких криогенных процессов, как термокарст, термоэрозия и термоабразия (Мокеев и др., 2005).

*Криогенное пучение.* В пределах территории полуострова так же широкое развитие имеет процесс криогенного пучения грунтов. Различают две его формы по времени действия: сезонную и многолетнюю.

Наиболее широкое распространение имеет сезонное пучение грунтов. Действие этого процесса наблюдается практически на всех геоморфологических уровнях. Широкому проявлению этого процесса способствует близкое залегание кровли многолетнемерзлых пород и высокая предзимняя влажность пород слоя сезонного оттаивания, которая очень часто достигает полной влагоемкости.

Процесс пучения начинается уже при промерзании самых верхних (3–5 см) горизонтов и продолжается в течение всего периода промерзания. Чаще всего сезонное пучение грунтов характеризуется образованием площадей пучения высотой 10–30 см (в зависимости от мощности слоя сезонного оттаивания). Реже, при неравномерном промерзании или промерзании замкнутых структур, образуются сезонные бугры пучения высотой до 0,5–1,0 м. Образование сезонных бугров пучения возможно на участках техногенного изменения естественных покровов (Мокеев и др., 2005).

Многолетнее пучение грунтов на рассматриваемых территориях развито более локально. Преобладают формы рельефа, представленные одиночными буграми пучения высотой от 3–5 м до 8–10 м. Образование таких бугров пучения приурочено, в основном, к промерзающим или промерзшим днищам спущенных или заросших озер. Изредка невысокие бугры пучения (3–4 м) встречаются в днищах котловин мигрирующих озер. Многолетнее промерзание несквозных таликов, сформировавшихся в свое время под дном озер, приводит к образованию бугров пучения сегрегационного, инъекционного или смешанного типов. Ядро таких бугров, как правило, представлено льдом или ледогрунтом.

Площадное многолетнее пучение грунтов наблюдается на отдельных обводненных участках высокой поймы таких рек, как Надуй-яха, Морды-яха, Се-яха. Кроме того, площади пучения нередко образуются в днищах хасыреев. Во всех этих случаях формируются невысокие (20–50 см) плоские, реже полого-выпуклые, бугры пучения, объединенные в площади 0,1–0,3 км2. Площади пучения, как правило, разбиты сетью морозобойных трещин на полигоны. Понижения по трещинам между отдельными буграми пучения составляют 30–50 см и более. Формирование таких бугров пучения происходит за счет сегрегационного роста ледяных прослоем, происходящее в замкнутой или полузамкнутой системе.

*Эоловая дефляция.* На территории процессу эоловой дефляции подвержены участки поймы рек, пересекающих данную территорию. Помимо этого, участки проявления эоловой дефляции фиксируются в районах, где в верхней части разреза комплекса морских террас залегает маломощная пачка регрессивных песков (Мокеев и др., 2005).

*Аккумуляция.* На территории среди современных процессов аккумуляции преобладающими являются речная и озерная формы. Большинство озер мелководны с неглубокими озерными котловинами. В таких озерах процесс осадконакопления проявляется очень слабо из-за небольшого количества поступающего обломочного материала. Наиболее интенсивно накопление современных осадков наблюдается в глубоких озерах провально-котловинного типа, но и в этом случае мощность озерных отложений не превышает 5–7 м.

Современное накопление аллювиальных отложений наблюдается практически на всех реках, протекающих по территории. Среди этих отложений выделяются русловая и пойменная фации. Более интенсивно происходит накопление руслового аллювия. Мощность современных аллювиальных отложений изменяется от 2–3 м до 8–10 м в зависимости от размера реки.

*Заболачивание.* Равнинность территории, низкая испаряемость при большом количестве осадков, широкое распространение супесчано-суглинистых пород и близкое залегание к поверхности многолетнемерзлых пород – все это делает заболачивание (постоянное переувлажнение) одним из активнейших процессов рассматриваемой территории. Широкому распространению процесса заболачивания способствует также формирование отрицательных форм рельефа за счет действия процесса термокарста.

Наиболее интенсивно заболачивание территории происходит в пределах широких пойм крупных рек, а также на слабовогнутых участках водораздельных пространств, имеющих слабый дренаж. Все болота в пределах рассматриваемой территории мелкие, что объясняется небольшой мощностью слоя сезонного оттаивания на заболоченных участках. Процесс торфонакопления на заболоченных участках протекает очень вяло, что объясняется суровостью климатических условий (Мокеев и др., 2005).

Ямальский полуостров относится к области сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Формирование ММП на севере Западной Сибири началось в среднем плейстоцене и продолжается в настоящее время. Многолетняя мерзлота на территории распространена повсеместно на водоразделах, в долинах малых и средних рек, на морских пляжах и мелководьях. Мощность ММП колеблется в широком диапазоне от 50 – 100 м вдоль побережья Карского моря до 150 – 300 м на морских и надпойменных террасах.

Сплошность мерзлых толщ нарушается с поверхности несквозными таликами, а  
по разрезу – линзами криопэгов и охлажденными грунтами. Наибольшее распространение имеют гидрогенные (водно-тепловые) талики; значительно реже встречаются радиационно-тепловые.

Гидрогенные талики формируются и существуют под руслами рек с постоянным  
и сезонным стоком и под озерами. Радиационно-тепловые талики приурочены к локальным участкам речных пойм, днищам логов и ложбин стока.

В долинах рек с временным стоком также существуют несквозные талики. В их формировании определяющая роль принадлежит снежному покрову, мощность которого в логах, оврагах, долинах малых водотоков регулируется глубиной их вреза и достигает 1,2 –4,0 м в самом начале зимы.

Мощность таликов здесь варьирует от 2–3 м в верховьях рек, логах, ручьях, полосах стока до 13–14 м в среднем и нижнем течениях рек с сезонным стоком.  
Ярусность таликов, имеющая место под крупными транзитными реками, отмечается и под мелкими водотоками (Мокеев и др., 2005).

Подозерные талики достаточно широко распространены на территории. Они существуют под всеми озерами, глубина которых превышает 1,8 - 2,0 м. Границы таликов в плане совпадают с береговой линией озер, лишь на участках  
песчаных отмелей возможно существование "козырьков" мерзлых пород. Мощность таликов варьирует от 2 м до нескольких десятков метров в зависимости от  
размеров озера и его возраста.

Глубина сезонного протаивания на территории варьирует от 0,3 до 1,5 м. Наиболее типичные мощности сезонноталого слоя – 0,4-0,8 м (торфяники; слабо дренированные, часто оторфованные поверхности водоразделов и пойм с осоково- моховой растительностью) и 0,8–1,2 м (дренированные участки водоразделов и пологих склонов морских и аллювиальных террас с кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью).

Развитие криогенных геохимических процессов идет на фоне общей переувлажненности территории. Вода в ее различных формах является главным химическим агентом, участвующим в различных процессах выщелачивания и переноса веществ. В интервале температур, характерном для криолитозоны (от 0 до -11° С), значительная часть воды в мерзлой породе остается в жидкой фазе. Эта вода, рас­полагаясь на поверхности частиц породы в виде тонких пленок, способна мигриро­вать в мерзлой толще вместе с растворенными в ней химическими элементами при отрицательных температурах. Пленочная вода может находиться в немерзлом со­стоянии до -70°С, направление ее движения определяется не силой тяжести, а тер­мобарическим градиентом. Это обеспечивает возможность транспортировки элементов снизу-вверх в толще многолетнемерзлых пород (Московченко, 2010).

Следует также отметить важную роль ММП как водоупора. В ходе процессов внутрипочвенного стока движение влаги происходит по верхней границе ММП. Вследствие переувлажнения почвенной толщи очень часто нижние горизонты почв испытывают недостаток кислорода, создается восстановительная обстановка, что приводит к оглеению почв и находит морфологическое выражение в форми­ровании горизонтов сизого, серо-сизого цвета. Вместе с тем в почвах легкого меха­нического состава поверхностные горизонты отличаются доминированием окисли­тельной обстановки. Контрастные окислительно-восстановительные условия - ха­рактерное свойство геохимии почв тундры.

Для мерзлотных ландшафтов характерен высокий уровень механической ми­грации, обусловленный морозной сортировкой материала и криогенным выветри­ванием. Одним из видов проявлений криогенеза является механическое перемеши­вание минеральных и органогенных почвенных горизонтов. В ряде случаев отмеча­ется проявление экзогенных процессов, связанные со значительным перемещением твердого и жидкого материала (термоэрозия, солифлюкция, термокарст, морозное пучение, растрескивание, криотурбационные процессы) (Московченко, 2010).

**1.2 Климатические особенности**

Полуостров Ямал отличается значительной суровостью климата. Он формируется под влиянием расположения континента и циркуляции воздушных масс, а также открытость территории. Близость Северного Ледовитого океана по отношению к исследуемой территории не оказывает смягчающего воздействия на климат. Одним из основных источников холода в летнее время и очагом значительных ветров в зимнее время года является Карское море.

Одна из отличительных особенностей – резкие колебания температуры в любой сезон года как в течение суток, так и от суток к суткам: открытость территории способствует глубокому проникновению воздушных масс в ее пределы. Наибольшая изменчивость наблюдается в январе, когда изменения температуры составляют 23-25 °С за сутки, а максимальная достигает 30 °С.

Активная циклоническая деятельность в зимний период приводит к резким перепадам давления и колебаниям температуры, сопровождающимся метелями и сильными порывами ветра. Термический режим нестабилен. Солнечная жаркая погода может резко смениться пасмурной, с холодным дождем, реже – снегопадом, сопровождающимся понижением температуры до 0 °С и ниже. Можно выделить два периода неустойчивости погодных условий на Ямале: в начале зимы (ноябрь-декабрь) и весной (май).

Циркуляционные процессы восточного типа способствуют адвекции холода по южной и юго-западной периферии арктических антициклонов и понижению температуры воздуха. Ноябрь и декабрь отличаются сильными метелями, что ужесточает и без того суровые климатические условия. Наиболее низкая среднемесячная температура наблюдается в феврале, это связано с близким расположением моря. Для января и февраля характерны морозы с температурой, иногда доходящей до минус 50°С. Снежный покров появляется обычно в середине-конце сентября, его устойчивое образование приходится на середину октября. Вслед за снежным покровом начинаются морозы и устанавливается зимний режим.

Число дней с оттепелями невелико. К типично зимним месяцам относятся март и апрель. Температуры по-прежнему остаются низкими, несмотря на увеличение продолжительности дня. В мае гораздо больше пасмурных дней, чем в апреле, возрастают холода и резкая смена погодных условий. В отдельные дни температура может достигать 10-13 °С (Мокеев и др., 2005).

Температурный режим в июне зависит от процессов прогревания и увлажнения воздушных масс, приходящих с севера и северо-запада. Благоприятные условия для наибольших величин радиационного баланса формируются в июне, в связи с максимальным притоком солнечной радиации. Период с незаходящим солнцем длится около трёх месяцев. Начиная с конца июня, сумма приходящей радиации уменьшается, но температура продолжает возрастать. Это объясняется прогревом подстилающей поверхности и выносом более теплых воздушных масс с юга.

Период вегетации растений продолжается не более двух месяцев. Средняя температура самого тёплого месяца в году, июля, составляет 7,3 °С. Если считать лето периодом с устойчивой среднесуточной температурой воздуха ≥0, то можно утверждать, что летний период на исследуемой территории чрезвычайно короткий. Бывает, что летний период практически отсутствует и весна постепенно переходит в осень.

Летние колебания температур определяются вторжением воздушных масс: теплые континентальные массы с юга способны спровоцировать повышение температуры в июле – августе до 30 °С, а холодные арктические массы приводят к резким понижениям температуры до - 5 °С.

Осенью переход к отрицательным температурам происходит быстрее, чем весной к положительным. Этот период отмечается наиболее высокой влажность воздуха, большим количеством выпадающих осадков и туманами. Близко расположенное Карское море влияет на период перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С

Больше половины от общего количества зимних осадков приходится на первую половину зимы. Годовой минимум приходится на февраль - март. Снежный покров в тундре сохраняется на протяжении примерно 250 дней, его распределение по территории крайне неравномерное. Снег сдувается с возвышенных участков из-за большой повторяемости метелей, откладываясь в понижениях гидрографической сети. Лишь в начале июня происходит разрушение устойчивого снежного покрова.

Близкое расположение Северного Ледовитого океана, открытость территории полуострова, резкие колебания температур и нестабильность термического режима – все эти факторы позволяют утверждать, что полуостров Ямал относится к зоне недостаточной теплообеспеченности и избыточного увлажнения. За короткий теплый период выпадает около 200 мм осадков, но вследствие недостатка тепла их количество оказывается избыточным. Испарение во все месяцы меньше выпадающих осадков, и относительная влажность держится на высоком уровне (Мокеев и др., 2005).

Климат исследуемой территории можно охарактеризовать следующим образом: суровая продолжительная зима (от 6 до 8 месяцев) с длительными заморозками и устойчивым снежным покровом. Лето очень короткое и холодное, короткие переходные периоды и безморозный период. Из-за значительной облачности и частых туманов на территории полуострова, несмотря на долгий световой день, продолжительность солнечного сияния и его интенсивность незначительна.

**1.3 Гидрографическая сеть.**

Поскольку полуостров Ямал относится к зоне избыточного увлажнения, его гидрографическая сеть хорошо и равномерно развита. На это повлияло и распространение многолетнемерзлых пород (ММП) по его территории.

Реки полуострова относятся к типично равнинному типу, сильно меандрируют. Долины рек широкие, днища плоские и заболоченные, борты невысокие (10-40 м). Для рек Бованенковского ГКМ (Морды-Яха, Надуй-Яха, Сеяха) характерны случаи межбассейнового перехвата стока, что объясняется фрагментарным характером водоразделов в низовьях рек. Основными водоразделами бассейнов служат останцы III-ей морской террасы. Поскольку они не имеют сплошного характера, в половодье происходит межбассейновое перемещение масс. В результате русла пойменных проток хорошо развиты, что усложняет определение основной реки при исследованиях.

Рекам Ямала свойственен западносибирский тип водного режима: пологое весенне-летнее половодье и низкая осенне-зимняя межень. Гидрограф половодья имеет обычно один максимум. Чем крупнее река, тем плавне очертания гидрографа стока. При выходе воды на пойму наблюдается заполнение аккумулирующих емкостей. Период высоких уровней рек Ямала незначителен по продолжительности – 2-3 суток, до 5 суток в годы с высокими снегозапасами. Во время летней межени уровень воды в нижнем течении рек определяется скорее уровнем моря, чем величиной расхода воды.

Ледовые явления на реках Ямала начинаются с устойчивым переходом через нуль температуры воздуха примерно в середине октября. Замерзание воды происходит быстро и почти одновременно по всей длине реки. Когда реки Ямала очищаются ото льда (конец июня) прибрежные воды Карского моря еще находятся подо льдом, поэтому воды разливается по поверхности ледяного покрова моря и промывает в нем каналы.

Полуостров Ямал отличается также и обилием озер, 80% которых внутриболотные. Распределение озер по территории неравномерное – относительно крупные озера расположены в центре полуострова. На территории Бованенковского ГКМ в бассейне реки Сеяха расположено 69 внутриболотных и 8 водно-эрозионных озер.

В структурно-гидрогеологическом плане территория относится к Прикарскому  
бассейну стока подземных вод. По соотношению с многолетнемерзлыми породами выделяются следующие типы подземных вод:

* надмерзлотные;
* межмерзлотные (внутримерзлотные);
* подмерзлотные.

К надмерзлотным водам относятся воды сезонноталого слом, претерпевающие ежегодные изменения фазового состояния, а также воды несквозных таликов (подрусловых, подозерных и радиационно-тепловых). Надмерзлотные воды сезонноталого слоя залегают на глубине 0,2-1,5 м от дневной поверхности, непосредственно над кровлей мерзлой толщи. Мощность водонасыщенного слоя не превышает 0,1-0,2 м.

Основной источник питания надмерзлотных вод – летние атмосферные осадки и  
влага за счет таяния подземных льдов. Воды находятся в безнапорном, часто застойном состоянии. Разгрузка надмерзлотных вод происходит во всех понижениях рельефа, в нижних частях склонов и приводит к значительному обводнению и заболачиванию  
понижений рельефа. При зимнем промерзании эти воды приобретают напор,  
происходит криогенное распучивание грунтов и формируются сезонные бугры (Мокеев и др., 2005).

Воды этого слоя слабо минерализованные, слабокислые (рН 5 – 6.5). По составу воды  
гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатно-натриево-кальциевые; реже – хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые и гидрокарбонатно-натриево-магниевые.

Водовмещающими породами надмерзлотных вод подрусловых таликов в основном являются голоценовые аллювиальные и аллювиально-морские отложения. Мощность водоносного горизонта определяется размерами таликов. Воды обладают слабым, но постоянным гидродинамическим напором.

По химическому составу воды подрусловых таликов гидрокарбонатно-хлоридно-  
натриевые с разнообразной концентрацией ионов кальция и магния. Воды слабо  
минерализованные. Реакция вод нейтральная (рН 6,4 – 6,6). Химический состав и минерализация вод подозерных таликов практически идентичны аналогичным характеристикам вод подрусловых таликов.

Межмерзлотные воды на территории встречаются крайне редко из-за монолитной в разрезе толщи многолетнемерзлых пород. Межмерзлотные воды относятся к высокоминерализованным водам с отрицательной температурой. Из-за локального распространения, малого дебита и высокой минерализации эти воды не могут служить источником даже для технических нужд.

Сведения о подмерзлотных водах крайне ограничены. Данные воды залегают на значительной глубине, контролируемой положением подошвы многолетнемерзлых пород. Ниже толщи многолегнемерзлых пород находится слой охлажденных засоленных пород, насыщенный прослоями и линзами высокоминерализованных вод хлоридно-натриевого состава. Мощность этого слоя поданным бурения и геофизики достигает 100 – 150 м (Мокеев и др., 2005).

**1.4. Почвы и растительность**

Территория Ямальского полуострова расположена в зоне арктических и субарктических тундр, лишь южная часть относится к лесотундрам. Высокая объемная льдистость многолетнемерзлых пород, низкие среднегодовые температуры воздуха и низкая продуктивность растительных сообществ определяют слабую дренированность почвы и её заболачивание. На формирование почвенного покрова влияют породы, относящиеся к осадочным четвертичным образованиям.

В основном широкое распространение получили тундровые глеевые и тундровые слабо глеевые иллювиально-малогумусовые мерзлотные почвы. При бедном типовом составе почвенный покров выделяется своей сложной структурой и пестротой. Одной из важных особенностей его структуры является незначительная величина элементарных почвенных ареалов.

По генезису и свойствам почвенный покров можно разделить на две крупные группы: почвы водоразделов или зональные; почвы речных долин или интразональные. Сочетание почв данных групп, в зависимости от соотношения водоразделов и долин, а также их формы, определяет структуру почвенного покрова отдельных районов.

На породах тяжелого гранулометрического состава доминирующими среди почв  
являются тундровые мерзлотно-глеевые почвы с различной мощностью торфяного горизонта, гораздо реже встречаются тундровые мерзлотно-глеевые дерновые почвы. Мерзлотные глеевые почвы распространены на выпуклых и плоских вершинах  
гряд, а также на склонах. Данные почвы встречаются в комбинации с тундровыми болотно-глеевыми торфяными и болотными торфяными почвами (Мокеев и др., 2005).

Комплексность почвенного покрова и его структура определяются хорошо развитыми формами микрорельефа:

* нанополигональным,
* пятнистым,
* пятнисто-бугорковатым с микрозападинами.

Почвы пятен, или остаточно глеевые почвы развиты под пятнами-медальонами,  
в том числе и зарастающими. Обычно они не имеют органогенного горизонта,  
либо он представлен небольшим прослоем лишайников толщиной 0,5 – 1 см. На пологих и покатых склонах, под ивняками травяно-моховыми, распространены мерзлотно-глеевые почвы с варьирующей мощностью торфяного горизонта. Они образуют мозаики с болотными почвами микрозападин.

В тундровых дерново-глеевых почвах вместо торфа, мощность которого не превышает 3–5 см, на поверхности отмечается дерновый горизонт. Обычно такие  
почвы развиваются на более сухих, хорошо дренируемых участках. В глеево-дерновых почвах, которые обычно формируются на месте глеево-торфянистых и торфяных после их естественного или антропогенного разрушения, запас питательных веществ сосредоточен в слое тонкой дернины. Практически всегда развитие дернового процесса сопровождается снижением активности глееобразования (Мокеев и др., 2005).

Ведущими почвообразовательными процессами, определяющими свойства тундровых мерзлотно-глеевых почв, являются криогенез, глееобразование и умеренное накопление торфа. Слабый темп минерализации и гумификации и быстрое выщелачивание (из- за обилия влаги, кислой реакции среды и легкой растворимости зольных элемен­тов) приводят к тому, что малоразложившиеся растительные остатки оказываются сильно выщелоченными, обедненными основаниями. Большая часть оснований не­обратимо выносится из почвенной толщи, и лишь незначительная часть остается, создавая относительное накопление в органогенных горизонтах. А.И.Перельман [1975] выделил особый тундровый тип биологического круговорота веществ, свой­ствами которого являются низкий темп минерализации растительных остатков, и важное участие таких элементов, как алюминий, железо, марганец. Низкая интен­сивность биологического круговорота, и связанная с этим низкая самоорганизация определяют малую устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию.

Усиление гидроморфности, свойственное ландшафтным комплексам плоских слаборасчлененных водоразделов, покрытых травяно-моховыми, ивняково-ерниковыми травяно-зеленомошными,кустарничково-травяно-сфагново-зеленомошными фитоценозами, проявляется в формировании болотно-тундровых почв (торфяно-глееземов). Болотно-тундровые криогенно-глеевые почвы формируются в пределах плоских или слабонаклонных поверхностей водораздельных увалов, небольших понижениях рельефа. В минеральных горизонтах интенсивно развивается глеевый процесс. Мощность торфа составляет 10-15 см в микропонижениях, 15-25 см на буграх. Как и в тундровых глеевых, в болотно-тундровых почвах химические показатели верхней органогенной части профиля заметно отличаются от показателей нижележащей минеральной толщи. Органогенные горизонты характеризуются более кислой реакцией, высокой гидролитической кислотностью, меньшей степенью насыщенности основаниями.

Почвы переходного типа от тундровых к болотным – болотно-тундровые мерзлотно-глеевые почвы. Формируются в тех же ландшафтах, что и мерзлотно-глеевые почвы, но в условиях избыточного увлажнения. Образуются в термокарстовых микрозападинах, полигональных трещинах, которые образуются после вытаивания грунтовых льдов. В обводненных микрозападинах (диаметром обычно от 1 до 10 м) тундровые сообщества отмирают и заменяются болотными – пушицево-осоково-гипновыми. На поверхности унаследованного тундрового торфа накапливается болотный — осоково-гипновый торф (Мокеев и др., 2005).

В минеральных горизонтах исходной почвы интенсивно развивается глеевый процесс. Но в отличие от болотных почв сохраняется чередование горизонтов, свойственных тундрово-глеевым почвам.

Практически для всех почв тундр Западной Сибири характерна кислая и слабокислая реакция почвенных растворов в поверхностных органогенных горизонтах. Наиболее кислой реакцией среды характеризуются почвы гидроморфного ряда развития - болотно-тундровые и болотные низинные, что вызвано подкислением при разложении остатков растений. Почвы отрицательных элементов микрорельефа (микропонижений, ложбин), более кислые, чем почвы положительных (бугорков, валиков). В нижней части профиля величина рН увеличивается, реакция среды становится близкой к нейтральной. В почвах, сформировавшихся на морских отложениях различного возраста, спорадически наблюдается сдвиг рН в щелочную сторону. Несвойственна кислая реакция почвы и аллювиальным почвам, на биохимические процессы в которых оказывают влияние состав пойменной растительности с доминированием разнотравья, злаков и малым обилием кустарничков и мхов, пойменный режим с привнесением мелкозема. Необходимо отметить, что механический состав пород слабо влияет на величину рН. Как у песчаных, так и у суглинистых пород кислотность нижележащих минеральных горизонтов примерно одинакова у и близка к нейтральной. Закономерное возрастание рН вниз по профилю почв тундровой зоны неоднократно отмечалось в предшествующих исследованиях [Васильевская и др., 1986]. Вместе с тем необходимо отметить, что пространственное распределение кислотности почв зависит от типа растительности и характера увлажнения. В арктических тундрах со слаборазвитым, зачастую несомкнутым растительным покровом, и хорошим дренажем, что свойственно песчаным субстратам, почвы менее кислые, чем на участках с хорошо развитой растительностью и значительным переувлажнением (Мокеев и др., 2005).

Почвы, развитые на песчаных отложениях и слоистых песках, супесях, подстилаемых суглинками и глинами, относятся к трем типам:

* подбуры мерзлотно-глееватые оторфованные,
* подзолы альфегумусовые глееватые и глеевые,
* тундровые мерзлотно-глеевые альфегумусовые торфянистые и торфяные.

Наиболее часто эти почвы и их комбинации распространены на придолинных  
гривах, сложенных песками и супесями, но могут встречаться и на грядах водоразделов, если на поверхность выходят слоистые супесчано-суглинистые пачки морских отложений.

В наиболее дренированных ландшафтах, например на выпуклых вершинах, в составе микрокомбинаций почвы преобладают подбуры и подзолы. В менее дренированных ландшафтах подбуры обычно отсутствуют, а почвенные комплексы представлены мозаиками подзолов, тундровых мерзлотных альфегумусовых глеевых почв с болотно-тундровыми и болотными торфяными маломощными почвами.

Тундровые мерзлотные альфегумусовые глеевые почвы отличаются низкими запасами гумуса и азота, а также подвижных элементов питания растений, очень низкой емкостью поглощения, что при элювиальном режиме почвообразования является причиной вымывания подвижных продуктов почвообразования из профиля почв.

Данные почвы ранимы при антропогенных нагрузках. Разрушение тонкого торфяного слоя на гривах ведет к резкой активизации процессов ветровой дефляции слабосвязанных песков. Развевающиеся пески засыпают окружающие ландшафты на десятки метров вокруг.

Обширные массивы торфяных почв приурочены к депрессиям рельефа – низинам, котловинам, полосам стока. Дренированные ландшафты депрессий рельефа  
заняты плоскобугристыми торфяниками, в более увлажненных ландшафтах торфяники сменяются бугристо-мочажинными, а затем полигонально-валиковыми болотами и в центре депрессии — мочажинными болотами (Мокеев и др., 2005).

Болотные торфяные мерзлотно-глеевые почвы делятся по мощности торфяной  
залежи и генезису на четыре более мелких таксономических ранга;

* маломощные (мощность торфа до 30 см);
* среднемощные (мощность торфа 30 – 50 см);
* мощные (мощность торфа более 50 см);
* деградирующие - развитые на разрушающихся бугристых торфяниках.

Болотные почвы отличаются крайне низкой устойчивостью к механическому вохдействию. Даже после однократного прохода гусеничного вездехода мочажинные болота в колеях превращаются в топь и обводняются.

Почвенный покров территории, формирующийся в многочисленных озерных  
поймах, можно разделить на два подтипа почв:

* озерно-пойменные дерново-глеевые;
* озерно-пойменные мерзлотно-глеевые иловатые.

Первые – развиты на дренированных ландшафтах пойм озер под злаковыми луговинами. Вторые – развиваются в слабодренированных заболоченных участках озерных пойм под арктофилловыми и вейнико-осоковыми зарослями. Морфология и свойства этих почв близки таковым соответствующих почв речных пойм (Мокеев и др., 2005).

Следует обратить внимание на низкую устойчивость к механическому воздействию тундровых почв. В талом состоянии минеральные горизонты тиксотропны, насыщены водой и легко переходят в плывунное состояние. Особенно нестабильны тундровые глеевые почвы на покатых и крутых склонах, они подвержены солифлюкции и катастрофическим сплывам даже в естественном состоянии. Антропогенные нарушения целостности растительно-торфяного слоя резко активизируют эти процессы.

Зональный тип растительности территории полуострова – тундры, подзона типичных субарктических тундр. Растительность формируется в условиях низменной пологой холмистой равнины с сильно развитой гидрографической сетью.

Содержание элементов питания растений - азота, фосфора и калия определяет способность почв к созданию фитомассы. От запаса этих элементов в почвах зависит возможность быстрого и эффективного восстановления растительности на нарушенных участках, а это в свою очередь, непосредственно влияет на установление термического равновесия в системе многолетнемерзлые породы – сезонно-талый слой - атмосфера. Таким образом, от содержания этих веществ в значительной степени зависит устойчивость ландшафтов криолитозоны.

Согласно литературным данным, на территории основной фон растительности составляют следующие сообщества и их сочетания:

* кустарничково-травяно-моховые;
* травяно-кустарничково-моховые;
* осоково-гипновые и кустарничково-травяно-моховые;
* злаково-осоково-моховые;
* травяно-моховые сообщества с разнотравно-злаковыми группировками;
* пионерные несомкнутые разнотравно-злаковые группировки.

Пологие склоны занимают, как правило, кустарничково-травяно-моховые сообщества. Травяно-кустарничково-моховые сообщества, а также осоково-гипновые и кустарничково-осоково-моховые болота приурочены к слабодреннрованным водораздельным поверхностям первой аллювиально-морской террасы (Мокеев и др., 2005).

Лугоподобные сообщества занимают пониженные участки приозерных, старинных и пойменных низин. Они представлены, в основном, арктофилово- осоковыми и злаково-пушицево-осоковыми группировками растений.

На остальной территории распространены антропогенные сообщества, возникшие в результате значительных нарушений растительного покрова в последние десятилетия XX века:

* участки, лишенные растительного покрова, с единичными экземплярами
* злаки и разнотравье;
* пионерные разнотравно-злаковые группировки;
* травяно-моховые сообщества в сочетании с разнотравно-злаковыми группировками.

На территории большей части проектируемых объектов растительный покров находится практически в естественном состоянии. Встречающиеся нарушения не значительны по площади и протяженности и вызваны, в основном, одноразовыми проездами транспорта и точечным захламлением территории (Мокеев и др., 2005).

На плоских вершинах, иногда на пологих склонах водоразделов распространены травяно-кустариичково-лишайннково-моховые с ивой и ерником пятнисто-бугорковатые тундры. Тундра характеризуется наличием голых или находящихся на разных стадиях зарастания пятен грунта и бугорковатым рельефом. Кустарниковый ярус практически не выражен, ерник с примесью ивы сизой чаще растет куртинками между бугорками. Кустарники прижаты к напочвенному покрову.

В растительных сообществах доминируют кустарнички — ива монетолистная, ива полярная, голубика, водяника. Между пятнами фунта плотный лишайниково-моховый покров, проективное покрытие лишайников достигает 20 – 30%. Ерниково-кустарничково-лишайниково-моховые бугорковатые тундры распространены на дренированных, чаще южных, пологих склонах водоразделов. Наиболее часто встречаются в юго-восточной части территории. На вершине бугорков обильны лишайники и ива полярная. Ерник с примесью ивы сизой, приурочены к боковой поверхности бугорков и к межбугорковым понижениям, образует кустарниковый ярус сомкнутостью 0.3–0.5 м н высотой до 20 – 30 см. 13 сложении мохового покрова главную роль играют виды следующих родов: Hylocomium, Pleurozium, Dicranum. Проективное покрытие лишайников составляет 20 – 30%.

Ерниково кустарничково-моховые бугорковатые тундры наиболее часто встречаются в центральной части территории, в окружении ивняков на склонах грив с суглинистыми почвообразующими породами (Мокеев и др., 2005).

Кустарниковый ярус, в котором доминирует ерник, невысокий. В ценозах обычны брусника, морошка, осока арктосибирская. Присугствует пушица многоколосковая, что указывает на повышенную влажность местообитания. Наряду с зелеными мхами между бугорками встречаются сфагны. Лишайники малообильны.

Ерниково-кустарничково-лишайннково-моховые и ерниково-кустарничково-моховые бугорковатые тундры на территории встречаются редко. Кустарниковый ярус несколько богаче видами, чем в других тундрах, помимо брусники и простратных ив встречаются голубика, водяника, багульник. На большей части данные типы тундр замещаются кустарничково-лишайииково-моховыми и кустарничково-моховыми с ивой и ерником пятнисто-бугорковатыми.

Ивняково-ерниково-травяно-моховые бугорковатые тундры формируются в самой нижней части склонов среди ивняков. Здесь ерник с ивой приурочены к бугоркам высотой 20–40 см и диаметром 0.5–1.0 м; они образуют кустарниковый ярус сомкнутостью 0.5– 0.7 и высотой до 50 см. Данный тип тундры, встречается отдельными участками, в основном на южных частях склонов и в долинах рек (Мокеев и др., 2005).

Травяно-моховые с ивой бугорковатые тундры распространены на вогнутых поверхностях водоразделов в центральной и северо-восточной частях территории. Бугорковатость рельефа выражена нечетко - бугорки диаметром до 1 м и высотой 5–10 см.

Травяно-кустарничково-лишайниково-моховые пятнистые тундры в сочетании с ивняково-ерниково-травяно-моховыми обычно приурочены к выпуклым поверхностям водоразделов с глинистыми грунтами. Здесь выражены плоские бугры диаметром от 1 до 3 м и высотой 10 30 см, между которыми пролегают ложбинки. Первый тип тундр представлен на буграх, второй — между буграми.

Ивняки приурочены к поймам рек, к высоким поверхностям. Дренированные участки со слабовыраженным бугорковатым рельефом заняты ивняками разно- травяно-хвощово-моховыми. Кустарники высотой 0.6–0.8 м не образуют сомкнутого яруса. Флористический состав богатый и хорошо развит травяной покров.

Ивняки осоково-моховые занимают участки поймы с недостаточным дренажом.

К невысоким бугоркам диаметром до I м приурочены куртины ив высотой 40–60 см с примесью ерника. В травостое наиболее обильны осоки прямостоячая и редкоцветковая.

Осоково-гипновые болота занимают наиболее низкие и обводненные участки. Мощность торфяной залежи 26 – 30 см. Травостой высотой до 30 см довольно разреженный и состоит в основном из осок. Моховый покров сплошной. Осоково-пушицево-сфагновые болота характеризуются незначительной глубиной сезонноталого слоя и мощностью торфяной залежи. В ценозах обычны осоки, пушицы, сабельник. До 10–20% площади нередко занято буграми разных размеров и высотой 10–20 см. Здесь также доминируют сфагны, но значительно участие других мхов. На них буграх изредка встречаются куртинки ивы, осоки, нардосмия (Мокеев и др., 2005).

Валиково-полигональные болота характеризуются полигонами диаметром 15–20 м и хорошо выраженными вокруг них валиками шириной 2–5 м. Валики двух соседних полигонов разделены канавкой. Валики могут быть заняты ивняками травяно-моховыми, причем в моховом покрове обычно доминируют Sphagnum spp., а высота кустарникового яруса не превышает 50 см. Поверхность валиков обычно обильно покрыта водяникой и морошкой.

Разнотравно-пушицево-злаково-осоковые сообщества формируются на низких уровнях поймы. В травяном покрове преобладают пушица многоколосковая, осока прямостоячая, дюпонция, сабельник. Редки куртины ивы. Сообщества с явным преобладанием злаков – осоково-пушицево-злаковые, осоково-злаковые, злаковые – формируются на более высоких уровнях поймы.

На рассматриваемой территории не встречены растения, включенные в Красную книгу России. Часть растений произрастает на границе своего ареала и редко встречается на рассматриваемой территории, данные растения занесены в Красную книгу ЯНАО.

Незабудка арктическая, синюха северная и паррия голостебельная распространены широко. Незабудка и синюха входят в состав травяного яруса травяно-моховых тундр, луговин по тундровым холмам и речным террасам, зарослей кустарников. Паррия голостебельная часто встречается на дренированных участках рядом с норами песцов, по берегам рек (Мокеев и др., 2005).

Из видов, включенных в дополнительный список Красной книги ЯНАО (1997), состояние которых в природной среде требует особого внимания, на территории произрастают:

* еремогоне полярная (Ercmogone polaris (Schischk.) Ikonn.) – бассейн p. Морды-яхи;
* гвоздика ползучая (Dianthus repens Willd.) – по песчаным склонам, участвует в зарастании песчаных карьеров;
* крупка снежная (Draba nivalis Liljebi.) – на песчаных субстратах;
* лапчатка Кузнецова (Potentilla kuznelzowii (Oovor.) Juz.) – по крутым речным обрывам;
* грушанка круглоцветковая (Pyrola grandiflora Radius) – в ивняках и лугах.

К числу особо охраняемых видов лишайников на Ямале отнесены следующие виды: Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. и Omphalina hudsoniana. На территории Бованенковского НГКМ обнаружена Boirydina viridis, найдена на торфяных почвах в долине р. Сё-яхи.

К числу видов лишайников, состояние которых в природной среде требует особого внимания, на территории встречаются Cclraria inermis (Nyl.) Krog. – в долине р. Сё-Яхи, и возможно нахождение Sticla arctica Degel. – в разных типах тундр (Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа, 1997).

Таким образом, процессы детритогенеза и глеегенеза в тундрах Западной Сибири присущи подавляющему большинству наземных и водных ландшафтов. Микроэлементный состав напочвенных подстилок и торфа зональных тундровых почв определяется составом доминантов растительного покрова. Биогеохимическая функция растительного покрова проявляется в интенсивном накоплении ряда микроэлементов (марганец, цинк, фосфор, и в меньшей степени – свинец и барий), причем максимальная активность свойственна зональным жизненным формам – кустарникам в субарктических и кустарничкам – в арктических тундрах. Гидро- и гигрофиты накапливают микроэлементы значительно слабее (Мокеев и др., 2005).

**1.5. Общие сведения о Бованенковском НГКМ**

Объектом исследования в рамках магистерской диссертации являются компоненты ПТК в пределах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения. Территория лицензионного участка располагается в климатически уязвимом районе: промышленное освоение территорий крайнего севера не только снижает устойчивость природных экосистем, но и, как следствие, усложняет осуществление производственной деятельности, влияет на изменения температурного режима многолетнемерзлых пород. Это обосновывает необходимость детального рассмотрения физико-географических условий месторождения, вовлеченного в интенсивную эксплуатацию.

В административном отношении Бованенковское НГКМ расположено в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области, в западной части полуострова Ямал и приурочено к крупнейшей на Ямале структуре первого порядка – Нурминскому мегавалу (А.А. Ипполитов, А.А. Хайруллин). В орогидрографическом отношении площадь сильно изрезана оврагами и долинами рек, покрыта озерами и болотами. Гидрографическая сеть района принадлежит бассейну Карского моря и представлена множеством рек и ручьев. Наиболее крупные реки: Морды-Яха, Се-Яха и Надуй-Яха. Все реки типично равнинные с незначительной величиной уклонов и спокойным течением (0.2-0.5 м/сек), мелководны, сильно меандрируют (Программа ЛЭМ БНГКМ) (Мокеев и др., 2008).

Территория Бованенковского месторождения находится в пределах слившихся в единой долине пойм рек Надуй-Яха, Сё-Яха и Морды-Яха. Абсолютные отметки поверхности поймы колеблются в пределах 2 – 7 м, причем поверхность поймы Надуй-Яхи несколько приподнята по отношению к поймам Сё-Яхи и Морды-Яхи.

Для обширных участков поймы типичны заболоченные поверхности и широкое распространение плоских, слабо выраженных в рельефе "хасыреев" (спущенных озер). Размеры некоторых из них достигают нескольких километров, а от остальной поверхности поймы они отделены уступами высотой до 0,5 – 1 метр.

Для отдельных частей поймы характерен полигонально-валиковый мезорельеф, который представляет собой четко оконтуренные мохово-травянистыми валиками заболоченные участки поймы.

На заболоченной пойме широко развиты плосковыпуклые моховые повышения диаметром 0,5 – 3,0 м. и высотой 0,1 – 0,3 м. Их генезис, возможно, связан с пучением сезоннопротаивающих грунтов. Ядра таких повышений более льдистые, чем окружающие их отложения поймы (Мокеев и др., 2008).

Наиболее сухие дренированные участки поймы приурочены, как правило, к прирусловым валам, бортам "хасыреев" и озер. На фоне преобладающей по площади мохово-травянистой заболоченной поверхности такие приподнятые, заросшие кустарником высотой 0,3 – 1,0 м участки выделяются довольно четко.

Поверхность поймы сильно заозерена. Встречаются озера диаметром от 100 м до нескольких км. Глубины озер колеблются от 0,5 до 3,5 м, с преобладанием от 1,0 до 2,0 м.

Плоские, незатронутые термоденудационными процессами поверхности ограничены в распространении. Такие участки, как правило, имеют полигональный (трещинно-полигональиый и остаточно-полигональный) мезорельеф. Наряду с полигональными встречаются плоские или слабовыпуклые хорошо дренированные поверхности с мелкобугристым и бугристым микрорельефом.

Участки с мелкобугрисгым микрорельефом (высота бугорков 5–10 см.) и пятнами медальонами типичны для открытых, с маломощным снежным покровом поверхностей (вершины останцев, бровки склонов и т.п.). Для слегка пониженных участков равнин характерен бугристый микрорельеф (высота бугорков 0,2–0,5 м.).

Для склонов типичен комплекс образований, обусловленных развитием термоденудационных процессов. Особенно интенсивно этими процессами переработаны останцы в междуречье Надуй-Яхи и Сё-Яхи. Здесь широко развиты активные склоновые процессы. Склоны террасированы, с большим количеством солифлюкционных языков и оплывов (Мокеев и др., 2008).

Исследуемая территория характеризуется обилием озер, имеющих, в основном, термокарстовое происхождение. Обычно это небольшие по площади, мелководные (3-4 м) озера, расположенные большими группами.

Формирование гидрохимического состава поверхностных вод происходит под влиянием природно-климатических условий. Наличие многолетнемерзлых пород блокирует грунтовое и подземное питание водных объектов, что повышает роль талых и дождевых вод с крайне малым солесодержанием (Н.Б. Пыстина, А.В. Баранов, 2013).

Замедленный круговорот веществ в условиях низких температур и заболоченность водосборов способствуют накоплению в поверхностных водах широкого спектра органических веществ – продуктов неполной деструкции растительного опада. В свою очередь присутствие в природных водах промежуточных продуктов разложения растительной биомассы определяет слабокислую реакцию среды, что благоприятствует повышению подвижности ряда металлов в составе органоминеральных комплексов (Н.Б. Пыстина, А.В. Баранов, 2013).

На территории месторождения развиты болотно-арктотундровые, торфянисто-поверхностноглеевые почвы, тундровые остаточно-аллювиально-гумусовые глеевые почвы. Как следствие сурового климата, широкого распространения многолетней мерзлоты, постоянного переувлажнения почв, почвообразовательный процесс проявляется лишь в слабом накоплении торфа и грубого гумуса в поверхностных горизонтах.

В экономическом отношении территория Ямала освоена слабо. Населенные пункты крайне редкие и приурочены в основном к побережью Обской губы. На западном побережье населенные пункты практически отсутствуют. С началом освоения газовых месторождений возник поселок строителей Бованенково. Развитие транспортной сети связано также с освоением месторождений.

Бованенковское месторождение расположено в области сплошного развития вечной мерзлоты, мощностью до 200–250 м. Деятельный слой на заболоченных участках достигает 0.3–0.5 м и на песчаных – 1.0 м (Мокеев и др., 2008).

Для климатического режима рассматриваемого района характерны суровая продолжительная зима, крайне короткое прохладное лето и затяжные переходные сезоны – весна и осень, короткий безморозный период. Зима холодная и продолжительная (с ноября по март-апрель) снежный покров удерживается до 231 суток в год, сопровождается постоянными и часто сильными ветрами. Средний минимум температуры воздуха зимой 26.2 ºС. В связи с близостью моря наиболее низкая температура наблюдается в феврале. Среднегодовая отрицательная температура составляет минус 10 – минус 11ºС.

Период со средней суточной температурой воздуха выше 5 ºС (период вегетации растений) продолжается не более двух месяцев. Средняя температура июля, самого теплого месяца в году, составляет 7.3 ºС. Бывают годы, когда лето практически отсутствует и весна постепенно переходит в осень. В отдельные дни, в июле – августе, при вторжении теплых континентальных масс с юга температура может достигать 30 ºС.

Годовое количество осадков составляет 300–350 мм и большая их часть выпадает

летом (200-250 мм) в виде длительных и моросящих дождей, в августе-сентябре часто со снегом. Толщина снежного покрова наибольшая в марте - мае и достигает 20–40 см.

Району характерна активная ветровая деятельность, особенно в первой половине зимы. Средняя скорость ветра на побережье зимой и в переходный период – 5.5–7.1 м/сек., а в отдельные дни скорость ветра может достигать 20–30 м/сек. Холодные ветры с большими скоростями являются серьезной помехой при освоении территории (Мокеев и др., 2008).

Плотность населения крайне низкая (не превышает одного человека на 12.5 кв. км). Коренное население (ханты, ненцы, селькупы) занимается пушным и рыбным промыслами, оленеводством.

Основные населенные пункты расположены на берегу Обской губы (Сабетта в 160 км от месторождения, Сеяха – 160 км, Мыс Каменный – 260 км, Новый Порт – 320 км, Яр-Сале – 360 км). Базовые для освоения города Салехард, Сабетта и Лабытнанги, соответственно, с аэропортами и железнодорожной станцией находятся на 400 км южнее. В 100 км северо-западнее расположен вахтовый поселок Харасавэй.

**Глава 2. Влияние нефте- и газодобывающей отрасли на состояние**

**природной среды полуострова Ямал**

**2.1. Геомеханическое воздействие на почвы и растительность**

При строительстве техногенных объектов происходит неизбежное геомеханическое воздействие на ПТК. В результате такого воздействия возможна частичная или полная перепланировка рельефа с нарушением природного микро- и мезорельефа. По мере эксплуатации промышленных и жизнеобеспечивающих структур (вахтовые посёлки, промбазы, трубопроводы и т.д.) рельеф будет видоизменяться: вместе с образованием его антропогенных форм активизируются рельефообразующие процессы. Особое внимание следует уделить криогенному рельефообразованию, при котором возможно как оттаивание, так и промерзание пород.

Степень механического воздействия определяется характером нарушений при подготовке территории к строительству и эксплуатации. При площадных нарушениях возможны нарушения тепло- влажностного режима грунта, что приводит к изменениям глубины сезонного протаивания, активизируя процессы заболачивания, неравномерной осадки грунта, пучения и термоэрозии.

При строительстве линейных объектов (магистральные газопроводы, автодороги, ЛЭП и т.д.) создаётся барьер для путей миграции водных потоков, что может приводить к заболачиванию местности и образованию болот. Линейные сооружения большой протяженности пересекают участки с различными температурными и влажностными режимами многолетнемерзлых грунтов. Поэтому территории будут подвергаться техногенному воздействию в различной степени.

В западной части полуострова Ямал расположено значительное количество залежей пластового льда, там же расположено и Бованенковское месторождение. По данным М.А. Коняхина, площадь отдельных залежей пластового льда в пределах Бованенковского НГКМ составляет не менее 18-20 м2, а его основание иногда располагается ниже уровня моря (Козлова, 2013). Для стадии освоения месторождения наличие залежей внутри грунтового пластового льда может быть опасным фактором, поскольку в условиях сплошного распространения многолетнемёрзлых пород газодобывающие скважины оказывают не точечное, а площадное воздействие на рельеф. Вокруг них образуется зона оттаивания, стимулирующая развитие термокарстовых процессов и деградацию многолетнемерзлых грунтов. Образующиеся понижения заполняются водой и при вторичном промерзании развиваются процессы пучения, деформирующие ствол буровой. Возникает риск аварийной ситуации. Вытаивание льда может привести к коренной перестройке рельефа, уничтожению ландшафта и возможному затоплению морем значительной территории (Козлова, 2013).

Геомеханическое воздействие на почвы уже привело к тому, что современный уровень теплообмена на поверхности эксплуатируемых территорий не соответствует ранее сформировавшимся естественным геотемпературным условиям. Деградация многолетнемёрзлых пород отмечается в основании конструкций и сооружений, при проектировании которых не были реализованы эффективные меры по термостабилизации грунтов с учётом динамики климатических условий. Повышение температуры мерзлых грунтов в основаниях объектов газового комплекса, наряду с локальными техногенными факторами, привело к снижению несущей способности мерзлых грунтов оснований объектов постройки 70-х – 80-х годов прошлого столетия, построенных без учета динамики мерзлотных условий в процессе их эксплуатации (Мельников, 2017). В результате оказываемого влияния на природную среду возможно осложнение условий эксплуатации оборудования на территории месторождения: преждевременное развитие деформаций фундаментов, трубопроводов, технологического оборудования, отказ в их работе и преждевременный износ, что влечёт за собой увеличение затрат на текущий и капитальный ремонт.

Механическое воздействие на почвы способно привести к частичному или полному уничтожению растительного покрова (Кукушкин, 2016). Из-за труднодоступности районов и отсутствия развитой автодорожной сети, для доставки строительных материалов или перемещения людей на дальние расстояния используют гусеничный транспорт. При передвижении он срезает гусеницами верхний теплоизолирующий слой торфа, способствуя активизации процессов оттаивания многолетнемерзлых грунтов. В результате сильной нагрузки (перемещение буровых установок, планирование дорожной сети, разработка месторождений и т.д.) возможно полное уничтожение растительного покрова. Это вызывает разрушение первичных сообществ, смену или полную деградацию растительных сообществ, увеличение обводненности территории, активизацию эрозионных и криогенных процессов (Кукушкин, 2016).

Растительность играет важную роль в поддержании термического режима многолетнемерзлых пород и обеспечении его стабильности в условиях крайнего севера. Прогноз экологических последствий промышленного освоения полуострова Ямал невозможен без изучения структурно-динамических особенностей растительного покрова (Московченко, 2013). Из сказанного выше можно сделать вывод: при нарушениях растительного покрова возможен риск развития криогенных процессов, провоцирующих непредсказуемые изменения рельефа местности, что способно нанести ущерб не только природной среде, но и техногенным сооружениям. Чтобы сохранить как экосистемы, так и инженерные сооружения на эксплуатируемых территориях, необходимо минимизировать наносимый фитобиоте вред.

По данным О.В. Ребристой, флора Ямала насчитывает 406 видов высших сосудистых растений и отличается таксономической бедностью. Однако малая видовая насыщенность компенсируется многообразием биотопов, изменяющихся под действием экзогенных геоморфологических процессов (Московченко, 2013). Многие фитоценозы полуострова Ямал, среди которых имеются редкие виды, подвержены изменениям структурно-динамических свойств вследствие низкой устойчивости к антропогенному воздействию.

В местах с нарушенным растительным покровом одни виды растительности сменяют другие, формируя нетипичные для территории местообитания. Наиболее активны на антропогенных местообитаниях злаки и осоки (например, Calamagrostis lapponica, C. Holmii, Eriophorum scheuchzeri), максимально уязвимы кустарнички и лишайники (Кукушкин, 2016). Вокруг буровых площадок наблюдается застой грунтовых вод и подтопление. В связи с этим происходит замещение ерниково-кустарничково-лишайниково-сфагновых сообществ на травяно-осоковые сообщества (Kukushkin, 2011; Опекунова, 2013; Кукушкин, 2016).

**2.2 Химическое загрязнение природной среды**

Освоение нефте- и газоносных провинций обусловливает специфику химического воздействия на территориях полуострова. К его самым распространённым последствиям относят загрязнение воды, донных осадков и почв НУ, вызванное разливами нефти и газоконденсата при авариях на внутри промысловых трубопроводах, при бурении скважин, складировании бурового шлама и т. д. (Опекунова и др., 2012) Главными источниками химического загрязнения на территории нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) являются буровые скважины, устьевое оборудование, промплощадки, взлетно-посадочные площадки, транспортные средства и различные линейные объекты (подъездные автодороги, сборные трубопроводы, шлейфо- и ингибиторопроводы). Приоритетными поллютантами при этом выступают нефтепродукты и тяжелые металлы. Они попадают в окружающую среду при всех видах производственной деятельности, аварийных разливах и сбросах, а также при работе автотранспорта (Опекунова и др., 2018).

**2.2.1 Содержание нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах**

При комплексной оценке состояния окружающей среды используются геохимические характеристики, поскольку по изменению химического состава её компонентов достаточно просто зафиксировать антропогенное воздействие. Для районов с нефте- и газодобывающей промышленностью помимо содержания тяжелых металлов важной геохимической характеристикой является количество нефтепродуктов в компонентах экосистем.

Накопление нефтепродуктов в природной среде является одной из важных экологических проблем северных территорий. Это связано с их низкой устойчивостью к техногенному воздействию и особенностями климатических условий: деградация нефти протекает очень медленно, создаётся риск загрязнения на долгие годы.

Интенсивность поступления нефтяных углеводородов определяется их источником: они подразделяются по масштабам воздействия на локальные и площадные. Локальные загрязнения происходят при повреждении трубопроводов, буровых установок, а также при эксплуатации и обслуживании транспорта. Более масштабное загрязнение возникает в результате аварийных выбросов, при возникновении нефтяных и газовых фонтанов, разливе буровых растворов. Они попадают в почву и поверхностные воды не только вследствие разрушения обваловки шламовых амбаров, но и из-за нарушения технологии буровых работ, в первую очередь – в отсутствии гидроизоляции котлованов-отстойников. Так же часто отмечается несанкционированное размещение (временное размещение) готовых буровых растворов на необорудованных площадках (Опекунов и др., 2015; Кукушкин, 2016).

Почвы способны к естественному самоочищению от нефтяных углеводородов благодаря микроорганизмам, однако этот процесс занимает длительный период времени – 10 – 25 лет. В процессе деградации нефтепродуктов возможна трансформация их компонентов в токсичные соединения, устойчивые к расщеплению (Арестова, 2003). Кроме того, некоторые компоненты НУ оказывают негативное влияние на почвы, способствуя деградации почвенного биогеоценоза и препятствуя их самоочищению. Таким образом, под влиянием внешних условий, формирующим особенности экосистем полуострова Ямал, нефтепродукты способны закрепиться в почвенном покрове на длительное время, препятствуя восстановлению растительного покрова и проникая в другие компоненты природной среды.

Наличие НУ характерно для всех типов почв, где ведётся интенсивная нефте- и газодобыча. Основная причина их накопления – видоизменение природной среды человеком при освоении месторождения. Арестова И.Ю. (2003) отмечает, что содержание нефтепродуктов в почвах можно использовать в качестве геохимического показателя при оценке уровня техногенной нагрузки. Но не стоит забывать о естественной эманации углеводородов из нефтяных горизонтов. На территориях, где ещё не ведётся газодобыча, отмечается значительная концентрация нефтепродуктов в почвах. Для каждого района нефтедобычи характерен свой природный фон содержания НУ (Пиковский, 1981; Пиковский и др., 2003). Ещё одна причина, по которой концентрация НУ может увеличиваться – влияние полуразложившихся остатков растений, содержащих высокомолекулярные соединения (Опекунова и др., 2005, 2007; Опекунов и др., 2012).

Поверхностные водные объекты, как нижний (аквальный) уровень в элементарном геохимическом ландшафте, представляют собой область сноса и наиболее уязвимы к химическому загрязнению. Основными путями поступления поллютантов в водоёмы являются: поверхностный и внутрипочвенный стоки, атмосферный перенос, прямой сброс сточных вод и захоронение отходов. Качество поверхностных вод позволяет судить об общем уровне воздействия на компоненты окружающей среды (Опекунов и др., 2012).

Загрязнение НУ воды и донных отложений вследствие разливов нефти и газоконденсата при авариях, а также при обустройстве месторождения, относится к одному из наиболее распространенных видов химического воздействия. Содержание НУ в воде озер вблизи скважин, подвергшихся загрязнению нефтепродуктами, по прошествии 1–3 лет составляет, как правило, 0,020–0,050 мг/л, т. е. в большинстве случаев – ниже ПДК. Существенно, что в загрязненных водных объектах донные осадки становятся источником вторичного загрязнения воды. Это проявляется во всплытии фрагментов НУ и образовании пленки на поверхности воды. При этом концентрации НУ в осадках достигают очень высоких значений (до 0,1–0,5%) (Опекунов и др., 2012).

Углеводороды могут накапливаться в донных отложениях. Бактериальная микрофлора не всегда способна воздействовать на них, что усугубляет риск непосредственного попадания НУ в природные водные объекты. Сохраняясь в донных отложениях, они могут стать источником вторичного загрязнения и при любых механических воздействиях на грунт дают увеличение концентраций в воде.

**2.2.2. Загрязнение тяжелыми металлами**

К тяжёлым металлам условно относят химические элементы с атомной массой свыше 50, обладающие свойствами металлов или металлоидов. Среди ТМ приоритетными загрязнителями считаются Hg, Pb, Cd, As, Zn, Ni, Cr, Co, Cu (Арестова, 2003). Они схожи с физиологически важными органическими соединениями и при избыточном поступлении в организмы способны нарушить процессы метаболизма.

По мере увеличения интенсивности нефте- и газодобычи на полуострове, усиливается антропогенное влияние на ландшафты Ямала. Ещё не затронутые освоением они находятся под косвенным влиянием деятельности человека (Томашунас, Абакумов, 2014). Один из компонентов природной среды, подвергающийся негативному воздействию при загрязнении ТМ, – почвенный покров. В почве происходит аккумуляция, трансформация и миграция химических элементов – все эти процессы могут быть нарушены при увеличении концентраций ТМ. Их накопление нарушает физико-химическое равновесие природной системы: изменяется величина рН, разрушается почвенный поглощающий комплекс, нарушаются микробиологические процессы, в результате разрушения структуры ухудшается водно-воздушный режим, деградирует почвенный гумус, и в конечном итоге почва теряет плодородие (Овчинникова, 2016).

ТМ, поступающие на поверхность почвы в результате антропогенного загрязнения, накапливаются в почвенном профиле, особенно в верхних горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Период полуудаления ТМ сильно варьирует для различных элементов и составляет, например, для Zn – от 70 до 510 лет, Cd – от 13 до 110 лет, Cu – от 310 до 1500 лет и для Pb – от 740 до 5900 (Арестова, 2003)

Основными источниками поступления ТМ в окружающую среду при нефтегазодобыче являются: буровые растворы, химические реагенты, промывочные жидкости, автотранспорт и минерализованные пластовые воды. Нефть и газоконденсат (в первую очередь содержащиеся в них смолы и асфальтены) хотя и в меньшей степени, могут также являться источниками эмиссии ТМ. Факельные установки для дожигания некондиционных газоконденсатных смесей могут быть причиной увеличения степени подвижности ТМ вследствие подкисления поверхностных вод и атмосферных осадков (Кукушкин, 2016).

Включаясь в трофические цепи, тяжелые металлы в наземных экосистемах способны оказать воздействие на мезофауну и микрофлору. Пока ТМ остаются прочно связанными с компонентами почвы, они труднодоступны и оказывают незначительное влияние на неё. Но если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, возникает опасность их проникновения в растения. Нарушается процесс поглощения других элементов, при поглощении корнями растений мембраны не способны удерживать большое количество поступающих ТМ.

Распределение тяжелых металлов по поверхности почвы определяется следующими факторами:

* Источники загрязнения;
* Климатические особенности региона;
* Химический и вещественный состав почвенного раствора;
* Степень нарушенности почвенного покрова;
* Количество веществ, противодействующих влиянию ТМ и способных образовывать с ними комплексные соединения;
* Степень подвижности ТМ.

Химический состав почв, в первую очередь, зависит от природных факторов –почвообразующих пород и механического состава. Большую роль играет ландшафтная структура территории: закономерности миграции и аккумуляции металлов меняются при переходе от полигональных к типичным тундрам и лесотундрам (Опекунов и др., 2018). Поскольку почвы полуострова Ямал характеризуются малогумусностью и переувлажненностью, тяжелые металлы могут переходить в подвижные формы и мигрировать по экосистеме.

**Глава 3. Методика исследований**

**3.1. Производственный экологический контроль и экологический мониторинг в системе природоохранных мероприятий**

Согласно стандарту отрасли ПАО «Газпром», производственный экологический контроль (далее – ПЭК) – это составная часть природоохранной деятельности ПАО «Газпром», представляющая собой систему мероприятий, осуществляемых уполномоченными органами СУПОД ПАО «Газпром» в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды (СТО, 2008).

На территории Российской Федерации экологический контроль осуществляется в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», ФЗ «Об отходах производства и потребления» и ФЗ «О животном мире»

ПЭК является обязательным элементом деятельности ПАО «Газпром» и его дочерних сообществ. В его рамках реализуются мероприятия, направленные на:

* Обеспечение выполнения мероприятий по охране ОС, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;
* Соблюдение требований в области охраны окружающей среды, установленных природоохранным законодательством;
* Оценку и учёт негативных воздействий на природную среду и их источники;
* Проведение экологического мониторинга и других форм экологического контроля.
* Целью ПЭК в ПАО «Газпром» является обеспечение:
* соблюдения требований природоохранного законодательства Российской Федерации, включая водное, земельное и лесное законодательство, законодательство в области охраны атмосферного воздуха и в области обращения с отходами, иных законодательных и нормативных правовых актов, а также документов ПАО «Газпром», регламентирующих вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
* выполнения обязательств Экологической политики ПАО «Газпром» и корпоративных программ в области охраны окружающей среды.

Для достижения целей соблюдаются природоохранные, санитарно-гигиенические и технические нормативы, а также принципы рационального использования природных ресурсов в ходе реализуемой производственной или иной деятельности Компании. Соблюдаются требования к охране компонентов природной среды (атмосферный воздух, водные объекты, почвы, растительность и леса, животный мир). Своевременно устраняются возможные причины аварийных ситуаций, повлекших за собой сверхнормативное воздействие на окружающую среду.

В ходе реализации поставленной цели важно соблюдать требования к полноте и достоверности сведений в области охраны окружающей среды, используемых при расчетах платы за негативное воздействие на окружающую среду, представляемых в органы исполнительной власти, осуществляющие ГЭК, и органы государственного статистического наблюдения (СТО, 2008).

Для получения достоверной информации о состоянии природной среды необходимо провести комплекс мер по её детальному изучению. При планировании любого рода деятельности, сопряженного с видоизменением ландшафтов, нарушением растительного покрова, вырубкой лесов и другими видами антропогенных воздействий, необходимо понять, как эти изменения способны повлиять в будущем на окружающую среду. Освоение и эксплуатация месторождения – не только сложнейший, но и сопровождающийся выбросами различных поллютантов процесс, занимающий продолжительное время. Он выполняется поэтапно, требуя наличие системы наблюдений за происходящими в природной среде изменениями, во избежание нанесения непоправимого ущерба территориям с низкой устойчивостью к техногенному воздействию. С целью предотвращения негативных последствий был разработан и внедрён экологический мониторинг.

Согласно стандарту отрасли ПАО «Газпром», мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг, мониторинг окружающей среды, ее загрязнения) – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов (СТО, 2010).

На территории Российской Федерации экологический мониторинг осуществляется в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», в котором прописано следующее: государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) осуществляется в целях регулярного наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды, а также в целях обеспечения потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации, необходимой для предотвращения и/или уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды (32).

На территории месторождений неизбежно скапливаются отходы бурения, производственной деятельности и другие. Их захоранивают на специальных площадках, создающих изолирующие для негативного воздействия условия. Данные захоронения необходимо контролировать в ходе экологического мониторинга. Правовым основанием для осуществления мониторинга окружающей среды на территориях объектов размещения отходов является требование пункта 3 статьи 12 ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Правовым основанием для ведения производственного экологического мониторинга в Компании являются организационно-распорядительные документы и локальные нормативные акты ПАО «Газпром», его дочерних обществ и организаций (СТО, 2010).

Экологический мониторинг осуществляется в ПАО «Газпром» как часть производственного экологического контроля. Он является специфической частью большого комплекса мероприятий, цель которого – обеспечить соблюдение природоохранных требований.

Экологический мониторинг служит как:

* Инструмент информационной поддержки;
* Источник данных для планирования природоохранных мероприятий;
* Показатель состояния природной среды в пределах объектов воздействия;
* Система мер по детальному изучению компонентов экосистемы под влиянием техногенных процессов.

Основная цель экологического мониторинга состоит:

* В оценке состояния окружающей среды в зонах потенциального негативного воздействия производственных объектов Компании;
* Выявлении причины изменения состояния компонентов окружающей среды и экосистем, а также (в случае необходимости) определении необходимых мероприятий для снижения уровня деградации и восстановления экосистем;
* Оценке результативности и эффективности природоохранных мероприятий;
* Оптимизации пространственно-временных параметров ПЭК;
* Обеспечении возможности планирования и реализации мероприятий, направленных на снижение экологического риска и предотвращении возникновения негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб окружающей среде.

Для достижения целей в Компании ведутся регулярные наблюдения за состояние ОС и его изменениями в результате техногенного воздействия, регистрируется и обрабатывается информация для оценки и прогноза изменений состояния природной среды, а также выполняется комплекс частных задач в рамках вышеперечисленного.

В рамках ведения регулярных наблюдений за состоянием ОС и его изменениями в результате негативного антропогенного воздействия решаются следующие текущие и оперативные задачи:

* проведение оперативных измерений состояния объекта наблюдения;
* обеспечение соблюдения планов-графиков мониторинговых наблюдений;
* метрологическое обеспечение измерений;
* поддержание готовности к осуществлению детальных наблюдений уровня загрязнения окружающей среды (в зонах аварийного воздействия).

В рамках решения комплексной задачи регистрации и обработки первичной информации для оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды в результате негативного воздействия решаются следующие частные задачи:

* накопление и систематизация информации (данных мониторинговых наблюдений);
* создание информационных баз данных о состоянии объектов наблюдения;
* подготовка, ведение и оформление отчетной документации по результатам экологического мониторинга;
* подготовка информации для органов СУПОД ПАО «Газпром», руководства дочерних обществ и организаций;
* подготовка информации для органов государственной власти в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды, органов местного самоуправления, общественных организаций и граждан (по их мотивированным запросам) (СТО, 2010).

**3.2. Программа ЛЭМ окружающей среды Бованенковского лицензионного участка**

Неотъемлемой частью выполнения процедур международных стандартов в ООО «Газпром добыча Надым» является создание и функционирование системы экологического мониторинга. В 2013 году вступило в действие Постановление Правительства ЯНАО, требования которого обязывают недропользователей организовать территориальную систему наблюдений за состоянием окружающей среды в объеме, предписываемом данным Постановлением. Кроме того, подписан Меморандум о добровольных обязательствах в области обеспечения экологической безопасности на территории ЯНАО между Правительством ЯНАО и ПАО «Газпром», одним из основных обязательств Общества Газпром является осуществление локального экологического мониторинга (далее – ЛЭМ) в границах лицензионных участков на право пользование недрами с целью добычи нефти и газа на территории ЯНАО. Порядок, организация и проведения ЛЭМ изложены в программе ЛЭМ окружающей среды Бованенковского НГКМ.

Согласно Программе, основной целью проводимых в рамках локального экологического мониторинга работ является оценка современного состояния компонентов природной среды. Она включает комплексные геоэкологические исследования почв, поверхностных вод, донных осадков, атмосферного воздуха, снежного покрова в естественных и техногенно-нарушенных условиях. Полученные по ним данные используются с целью принятия решений по обеспечению безопасности как объектов нефте- и газодобычи, так и компонентов природной среды. Разрабатываются меры по смягчению или предотвращению негативных последствий для эксплуатируемой территории.

Программа мониторинга разработана отделом охраны окружающей среды Инженерно-технического центра ООО «Газпром добыча Надым» с учетом требований действующего природоохранного законодательства и Постановления Правительства ЯНАО от 14.02.2013 г. N 56-П «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало-Ненецкого автономного округа» (далее – Положение) (Программа ЛЭМ БНГКМ, 2015).

Мониторинг осуществляется путём сбора данных, их обработки и анализа, затем полученная информация распространяется между заинтересованными организациями. Информация должна быть полной, достоверной, современной и позволять:

* Оценить состояние природной среды в зоне воздействия объектов Общества;
* Выявить причины изменения состояния компонентов экосистем;
* Определить меры по предотвращению их деградации и возможные пути восстановления;
* Оценить эффективность действующих природоохранных мероприятий и обеспечить возможность планирования мероприятий, необходимых для снижения экологических рисков до нанесения серьезного ущерба окружающей среде.

Согласно Программе, основными задачами мониторинга являются:

* Организация наблюдений за основными параметрами компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, поверхностных вод, донных отложений, почв, снежного покрова) в зоне возможного техногенного влияния производственных объектов;
* Получение измерительной информации о состоянии контролируемых природных сред в процессе производственной деятельности на территории месторождения;
* Анализ состояния окружающей природной среды в зоне влияния производственных объектов;
* Определение соответствия санитарно-гигиеническим и экологическим нормативам компонентов природной среды в зоне влияния источников техногенного воздействия на окружающую природную среду в пределах месторождения;
* Формирование на основе полученной информации комплексной оценки экологического состояния природной среды;
* Подготовка, ведение и оформление отчетной документации по результатам экологического мониторинга. (программа ЛЭМ БНГКМ,2015)

**3.3. Методика проведения производственного экологического мониторинга**

Работы в рамках ЛЭМ выполняются в 4 этапа, в соответствии с утвержденной Программой: подготовительный, полевой (отбор проб), лабораторный и камеральный.

Инструментальный контроль атмосферного воздуха проводится специалистами ОООС ИТЦ с использованием передвижной экологической лаборатории, оснащенной газоаналитическим оборудованием.

Отбор пробы поверхностных вод осуществляется вручную или с использованием пробоотборника с одной вертикали (условной отвесной линии от поверхности воды до дна) с учетом глубины водного объекта. При глубине до 5 метров устанавливают один горизонт (место на вертикале (по глубине), на котором производят отбор): в период открытой воды ̶ на глубине от 0,2 до 0,5 м от поверхности воды; зимой ̶ у нижней поверхности льда. Отбор проб может осуществляться с борта водного транспорта с середины водотока с использованием пробоотборной системы.

При отборе проб поверхностных вод местоположение каждого пункта фиксировалось с помощью навигационного оборудования (GPS приемника) и отмечалось на полевой карте.

Для хранения и транспортировки использовались подготовленные стеклянные сосуды или полиэтиленовые емкости (в зависимости от стандарта на методы анализа), на каждую ёмкость наносилась этикетка с информацией о порядковом номере, месте, дате отбора, перечне анализируемых компонентов (Отчёты…2015 – 2017).

На месте отбора проб поверхностных вод проводилась фотосъемка каждой точки отбора проб в нескольких ракурсах. На месте отбора составлялся акт отбора проб воды с указанием номера пробы, наименования объекта, места отбора, даты и времени отбора, метеоусловий при отборе, массы пробы, перечня показателей, Программы, в соответствии с которой проводился отбор, ФИО лица, отбирающего пробу с подписью.

Пробы донных отложений отбирались дночерпателем со дна водоемов. При предварительном обследовании водного объекта определяли частоту сетки отбора проб донных отложений в зависимости от глубины водного объекта, а именно: при глубине менее 10 м частота сетки отбора составляет от 30 до 100. Объем проб определен набором анализируемых показателей и применяемыми методами анализа и составлял не менее 1 кг. Для хранения и транспортировки использовались подготовленные полиэтиленовые пакеты или емкости для хранения проб, которые были снабжены этикетками с указанием порядкового номера образца, даты, места и времени отбора, должности и фамилии отобравшего пробу. Пакеты герметично закрывались и транспортировались, исключая возможность вторичного загрязнения проб (Отчёты…2015 – 2017).

Отбор проб почв осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Почвы. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

Точечные пробы отбирали ножом из почвенных прикопок по профилю из почвенных горизонтов или слоев методом конверта (с длиной стороны 5 м), по диагонали или другим способом с таким расчетом, чтобы в каждом случае проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы.

Содержимое всех точечных проб измельчалось и перемешивалось, объединенная проба составлялась путем смешивания 5 точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Масса объединенной пробы составляла не менее 1 кг. На месте отбора проб проводилась фотосъемка каждой точки отбора проб в нескольких ракурсах. Места отбора проб наносились на схему, координаты регистрировались в палевом дневнике, фиксировался механический состав отобранных проб почв. Образцы почв помешались в полиэтиленовые пакеты (из химически нейтрального материала), снабжались этикетками, содержащими информацию о порядковом номере, месте и дате отбора, герметично закрывались и транспортировались в лабораторию. При отборе проб почв местопоюжение каждого пункта фиксировалось с помощью навигационного оборудования (GPS приемника) и отмечалось на палевой карте (Отчёты…2015 – 2017).

По факту отбора компонентов природной среды составлялся акт с указанием № пробы, наименования объекта, места, даты, времени отбора, метеоусловий, объема пробы, перечня показателей, Программы, в соответствии с которой проводился отбор, а также лиц, ответственных за отбор, доставку пробы.

Лабораторный этап проводится аккредитованными лабораториями ОФХИ ИТЦ в соответствии с областью аккредитации и на основании действующих методик, прошедших метрологическую аттестацию и допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды, либо внесенных в государственный реестр методик количественного химического анализа (КХА).

**3.4 Методы лабораторных исследований**

Для решения поставленных задач использовались геоэкологические методы исследований, включающие в себя химико-аналитические, физико-химические и ландшафтно-геохимические.

Для определения содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах и донных осадках отобранные пробы были переведены в ацетатно-аммонийный буфер. Предварительно их размельчили сначала в керамической (рис.1), затем в агатовой (рис.2) ступках, просеяв через сита с диаметрами отверстий 1 и 0,25 мм (рис.3, рис.4).



Рис.1. Почвенная проба в агатовой ступке Рис.2. Измельчённая почвенная проба в

после измельчения агатовой ступке



Рис.3. Остатки почвенной пробы на Рис.4. Проба после просева через

дне сита с диаметрами отверстий 1 мм сито с диаметрами отверстий 0,25 мм.

Далее пробы залили уксусной кислотой (pH=4,8), затем экстрагировали из буферного раствора подвижную часть (рис.5, рис.6). Всё было выполнено в соответствии с РД 52.18.289-90 (30).



Рис.5. Подготовка посуды для экстракции Рис.6. Экстракция подвижной части из

подвижной части из буферного раствора буферного раствора

Исследование содержания подвижных форм тяжёлых металлов (Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn) в почвах и донных отложениях выполнены в образовательном ресурсном центре по направлению «химия» Санкт-Петербургского государственного университета.

Измерения концентраций тяжёлых металлов в почвах и донных осадках проводились на оптическом эмиссионном спектрометре ICPE-9000 (рис.7, рис.8) методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Пределы обнаружения элементов на уровне 0,002 – 100 мг/л.

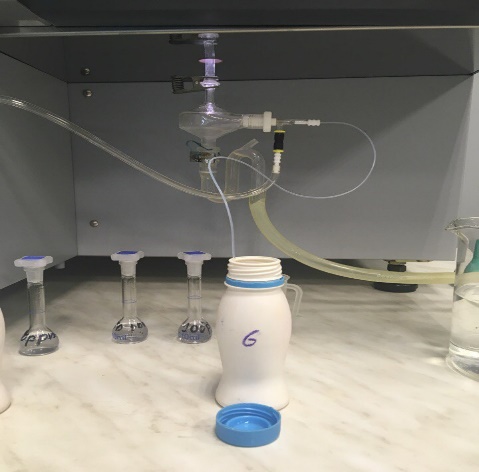


Рис.7. оптический эмиссионный спектрометр Рис.8. Анализ пробы на содержание ICPE-9000 подвижных форм ТМ: распыление

раствора в аргоновую плазму

**Глава 4. Результаты исследования и обсуждение**

**4.1. Результаты ЛЭМ за 2014-2016 гг.**

В 2014 году на территории Бованенковского НГКМ был проведён производственный экологический мониторинг. Полученные результаты позволили оценить состояние природной среды как «удовлетворительное». Для расчётов была применена методика интегральной оценки с использованием полученных среднеарифметических значений гидрохимического индекса загрязнения поверхностных вод (ИЗВ), суммарного индекса загрязнения почв тяжелыми металлами (Zc), уровня содержания нефтепродуктов в почвах и донных отложениях. Критерии интегральной характеристики состояния окружающей среды представлены в таблице 2. Общая экологическая ситуация определялась согласно 5 пороговым значениям (табл.3)

Таблица 2. Критерии интегральной характеристики состояния окружающей среды (Отчёт ПЭМ БНГКМ, 2014)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Интегральные показатели состояния  природных сред\* | | Балл | Комплексная характеристика состояния окружающей среды |
| Характеристики | Значение |
| **1. Индекс загрязнения воды (ИЗВ)** | | | |
| Очень чистые и чистые | 0,2-1 | 1 | Фоновое **(благополучная)** |
| Умеренно-загрязненные | 1,0-2,0 | 2 | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |
| Загрязненные и грязные | 2,0-6,0 | 3 | Умеренное загрязнение **(неопасная)** |
| Очень грязные | 6,0-10,0 | 4 | Высокое загрязнение **(опасная)** |
| Экстремально грязные | >10 | 5 | Экстремально высокое загрязнение  **(критическая)** |
| **2. Суммарный индекс химического загрязнения почв и донных отложений** (Zc) | | | |
| Чистая | ≤0 | 1 | Фоновое **(благополучная)** |
| Допустимая | ≤16,0 | 2 | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |
| Умеренно опасная | 16-32 | 3 | Умеренное загрязнение **(неопасная)** |
| Опасная | 32-128 | 4 | Высокое загрязнение **(опасная)** |
| Чрезвычайно опасная | >128 | 5 | Экстремально высокое загрязнение  **(критическая)** |
| **3. Характеристика почв по уровню загрязнения нефтепродуктами, мг/кг** | | | |
| Допустимый | <1000 | 1 | Фоновое **(благополучная)** |
| Низкий | 1000-2000 | 2 | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |
| Средний | 2000-3000 | 3 | Умеренное загрязнение **(неопасная)** |
| Высокий | 3000-5000 | 4 | Высокое загрязнение **(опасная)** |
| Очень высокий | >5000 | 5 | Экстремально высокое загрязнение  **(критическая)** |
| **4. Характеристика донных отложений по уровню загрязнения нефтепродуктами, мг/кг** | | | |
| Чистые | 0-5,5 | 1 | Фоновое **(благополучная)** |
| Слабозагрязненные | 5,6-25,5 | 2 | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |
| Умеренно загрязненные | 25,6-55,5 | 3 | Умеренное загрязнение **(неопасная)** |
| Загрязненные | 55,6-205,5 | 4 | Высокое загрязнение **(опасная)** |
| Грязные и очень грязные | 205,6 и более | 5 | Экстремально высокое загрязнение  **(критическая)** |

Таблица 3. Критерии общей экологической ситуации на территории проведения

комплексного экологического мониторинга (Отчёт ПЭМ БНГКМ, 2014)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Средний балл на территории  опробования | Общая оценка экологического состояния |
| 1 | [1– 1,5)\* | Фоновое (благополучная) |
| 2 | [1,5– 2,5) | Низкое загрязнение (удовлетворительная) |
| 3 | [2,5– 3,5) | Умеренное загрязнение (неопасная) |
| 4 | [3,5– 4,5) | Высокое загрязнение (опасная) |
| 5 | [4,5 и более | Экстремально высокое загрязнение (критическая) |

Примечание: число слева - начало интервала; число справа - конец интервала; квадратная скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал входит, круглая скобка – значение не входит

Наибольший вклад в общее загрязнение территории внесли поверхностные воды – было зафиксировано значительное превышение фоновых концентраций НУ и фенолами вблизи кустов газовых скважин (табл.4).

Таблица 4. Результаты мониторинга состава поверхностных вод по нефтепродуктам территории Бованенковского НГКМ в 2014 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование показателей, ед. измерений | Точки отбора поверхностных вод | | | | | | | | | | | | | Нормативы качества,  не более |
| В-1 | В-2 | В-3 | В-43-1 | В-43-2 | В-43-3 | В-44-1 | В-44-2 | В-33-1 | В-33-2 | В-25-1 | В-25-2 | В-28-1 |
| 1 | Нефтепродукты, мг/дмз | 1,53 | 0,60 | 0,56 | 0,123 | 0,103 | 0,54 | 1,11 | 0,22 | 0,21 | 0,50 | 0,28 | 0,56 | 0,125 | 0,05 |

Экспликация пунктов отбора проб поверхностных вод:

* В-1 – Озеро Пелхато;
* В-2 – Озеро б/н на востоке от ГП-2;
* В-3 – Озеро б/н на западе от ГП-2;
* В-43-1 – Озеро б/н, 90 м на северо-восток от КГС № 43;
* В-43-2 – Река б/н, ниже по течению от КГС № 43, 500 м на север;
* В-43-3 – Река б/н, выше по течению от КГС № 43, 165 м на запад (фоновый пункт);
* В-44-1 – Озеро Ханикосито, 240 м на юго-запад от КГС № 44;
* В-44-2 – Озеро Елёдато, 150 м на север от КГС № 44;
* В-33-1 – Озеро б/н, 110 м на севере от КГС № 33;
* В-33-2 – Озеро б/н, 70 м на запад от КГС № 33;
* В-25-1 – Озеро б/н, 170 м на северо-восток от КГС № 25;
* В-25-2 – Озеро б/н, 200 м на северо-западе от КГС № 25;
* В-28-1 – Озеро б/н, 180 м на запад от КГС № 28 (Отчёт ПЭМ БНГКМ, 2014).

Оценка состояния поверхностных вод территории Бованенковского НГКМ в 2014 г. проведена по следующим направлениям:

* анализ гидрохимического состояния поверхностных вод на соответствие нормативам, устанавливающим предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения (ПДКрх);
* сопоставление полученных величин гидрохимических параметров с результатами оценки фонового состояния поверхностных вод в ходе инженерно-экологических изысканий территории БНГКМ в 2003 г. (ООО «ГП Промнефтегазэкология»);
* исследование динамики химического состава поверхностных вод относительно результатов мониторинга на стадии строительства за период 2010-2013 гг.;
* интегральная оценка качества поверхностных вод на основе индекса загрязненности воды (ИЗВ);
* анализ пространственного распределения уровня химического загрязнения вод.

Поверхностные воды БНГКМ характеризовались по степени кислотности как «нейтральные», по степени минерализации относились к категории «ультрапресных» и «пресных», по степени жесткости – к категории «очень мягких» и «мягких». Превышения нормативных значений в своем большинстве относились к низкому и среднему уровню загрязнения. Среднее значение ИЗВ составило 2,46 (категория - «загрязненные»).

По уровню загрязнения НУ донные отложения оценивались по классификации Уваровой (мг/кг сухого грунта): чистые – 0÷5.5, слабо загрязненные – 5.5÷25.5, умеренно загрязненные – 25.6÷55.5, загрязненные – 55.6÷205.5, грязные – 205.6÷500, очень грязные – свыше 500. Донные отложения соответствовали категориям «чистые», «слабозагрязненные и «умеренно-загрязненные».

Почвенный покров характеризовался «слабокислой» и «нейтральной» реакцией среды. Характеристика почв по уровню содержания нефтепродуктов во всех точках опробования – «допустимый» уровень загрязнения, среднее значение нефтепродуктов – 32,8 мг/кг.

Полученные результаты (табл.5) позволили оценить общую экологическую обстановку на территории Бованенковского месторождения в 2014 г. как «низкое загрязнение» (удовлетворительная экологическая ситуация), средний оценочный балл согласно примененным критериям интегральной оценки составил 1,75.

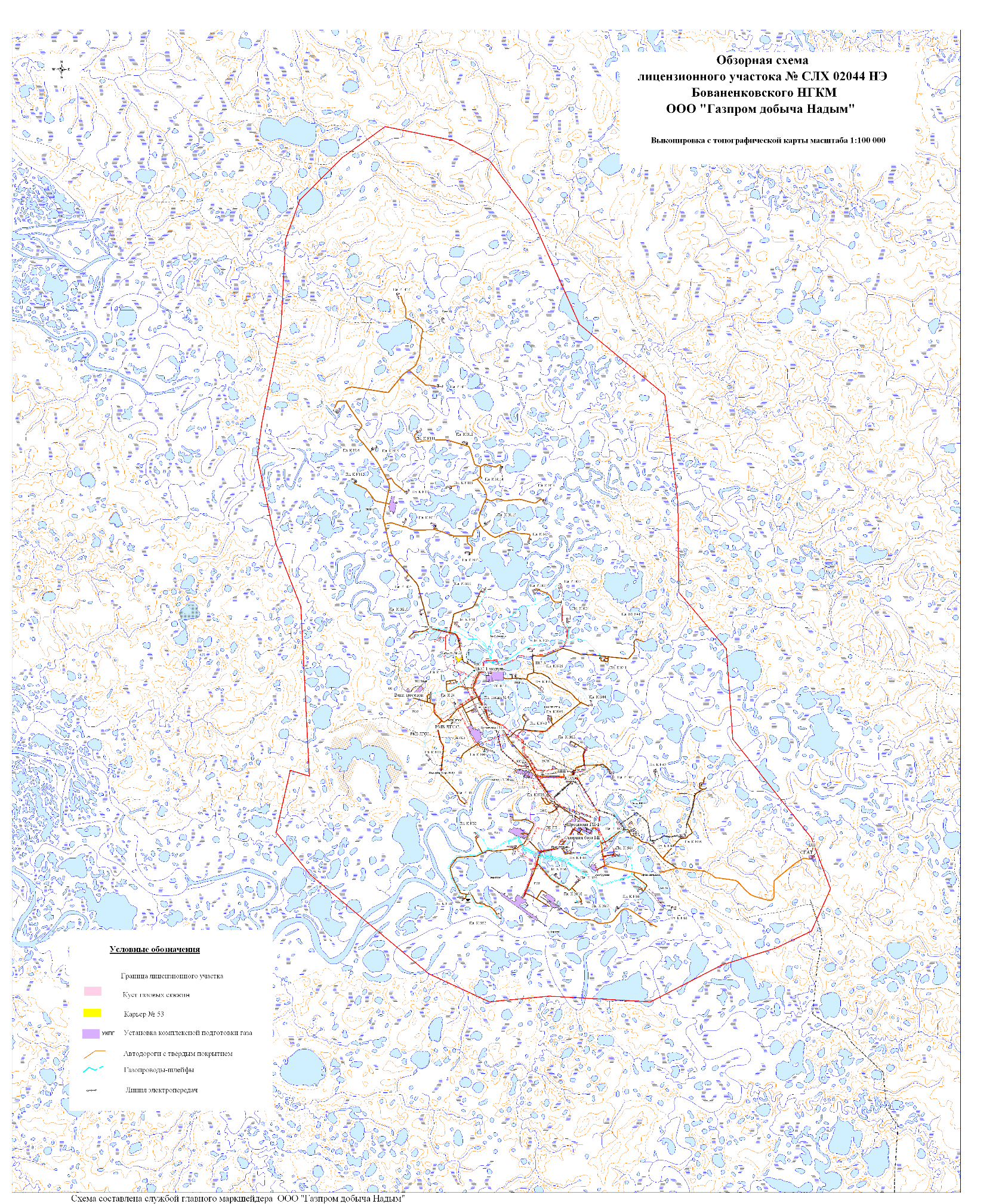
Таблица 5. Результаты интегральной оценки экологического состояния территории Бованенковского месторождения в 2014 г. (Отчёт ПЭМ, 2014).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Оценка экологического состояния по показателям | | Интегральная оценка экологического состояния | |
| Среднее значение | Характеристика | Балл интегральной оценки экологического состояния | Характеристика |
| Индекс загрязнения поверхностных вод | 2,46 | «загрязненные» | 3 | Умеренное загрязнение **(неопасное)** |
| Суммарный индекс химического загрязнения почв  (по содержанию тяжелых металлов) | -1,11 | «чистые» | 1 | Фоновое загрязнение  **(благополучная)** |
| Характеристика почв по уровню содержания нефтепродуктов, мг/кг | 32,81 | «допустимый» | 1 | Фоновое загрязнение  **(благополучная)** |
| Характеристика донных отложений по уровню содержания нефтепродуктов, мг/кг | 10,2 | «слабозагрязнен-ные» | 2 | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |
| **Средняя интегральная оценка** **экологического состояния территории Бованенковского НГКМ** | | | **1,75** | Низкое загрязнение **(удовлетворительная)** |

На основании результатов ПЭМ 2014 года была разработана программа ЛЭМ окружающей среды Бованенковского ЛУ на период с 2015 по 2017 гг. За указанный промежуток времени выполнялись следующие виды работ:

* мониторинг состояния атмосферного воздуха – 2 раза в год (июнь, август);
* мониторинг состояния снежного покрова – 1 раз в год (март);
* мониторинг состояния поверхностных вод – 2 раза в год (июль, август);
* мониторинг состояния донных отложений – 1 раз в год (август);
* мониторинг состояния почв – 1 раз в год (август).

Отбор проб компонентов природной среды в рамках исследования проводился согласно утвержденной Программе ЛЭМ в контрольных пунктах, наиболее приближенных к источникам антропогенного воздействия, а также в пунктах, характеризующих условно-контрольное и условно-фоновое состояние (рис.9). Описание местоположения пунктов отбора проб представлено в таблице 6.



**УФ-4**

[Укажите здесь источник.]

**К-3**

[Укажите здесь источник.]

**УК-4**

[Укажите здесь источник.]

**К-4**

[Укажите здесь источник.]

**К-2**

[Укажите здесь источник.]

**К-5**

[Укажите здесь источник.]

**УФ-1**

[Укажите здесь источник.]

**УК-1**

[Укажите здесь источник.]

**К-1**

[Укажите здесь источник.]

**К-6**

[Укажите здесь источник.]

**УК-5**

[Укажите здесь источник.]

**УК-2**

[Укажите здесь источник.]

**УФ-5**

[Укажите здесь источник.]

**УФ-2**

[Укажите здесь источник.]

Рис.9. Карта-схема лицензионного участка Бованенковского НГКМ с местоположением пунктов отбора проб почвы и донных отложений.

Таблица 6. Экспликация пунктов отбора почв и донных осадков БНГКМ за 2015-2017 г. (Отчёты ЛЭМ БНГКМ,2015 – 2017)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Почва | Условно-  фоновые | Пункт в> 4 км севернее КГС №111 (ГП-3) | П-Б-УФ4 |
| Пункт в> 7 км юго-восточнее ГП-1, на 1 км северо-западнее КГС№68 | П-Б-УФ5 |
| Условно  контрольные | Пункт в> 2 км северо-восточнее ГП-3, севернее КГС №13 | П-Б-УК4 |
| Пункт в> 2 км юго-восточнее ГП-1, 500 м восточнее КГС№66 | П-Б-УК5 |
| Контрольные | На границе СЗЗ площадки ГП-3 | П-Б-К4 |
| На границе СЗЗ площадки ГП-2 | П-Б-К5 |
| На границе СЗЗ площадки ГП-1 | П-Б-К6 |
| Донные отложения | Условно-  фоновые | Река Се-яха (на входе в лицензионный участок) | Д-Б-УФ1 |
| Река Морды-яха (на входе в ЛУ) | Д-Б-УФ2 |
| Условно  контрольные | Река Се-яха (выше ПБГП-1) | Д-Б-УК1 |
| Река Морды-яха (на выходе из ЛУ) | Д-Б-УК2 |
| Контрольные | Река Се-яха в 500 м ниже КГС №52 (ГП-1) | Д-Б-К1 |
| Озеро б/н у КГС №24 (ГП-2) | Д-Б-К2 |
| р.Надуй-яха ниже КГС №16 (ГП-3) | Д-Б-К3 |

Представлены сравнительные данные компонентов природной среды по результатам ЛЭМ за 2015-2017 гг. (табл.7, табл.8, табл.9). В поверхностных водах показатель pH за 2015 год не соответствовал показателю, установленному для рыбохозяйственных водоёмов, по 9 пробам из 18. Величина pH определяется количественным соотношением ионов H+ и OH- при диссоциации воды. При снижении его значений образуются благоприятные условия для перехода ТМ в легкорастворимую форму, или более токсичную. Это может привести к загрязнению поверхностных вод и, следовательно, обусловливает необходимость контроля величины pH. К 2017 году количество несоответствий по водородному показателю уменьшилось до 5.

Увеличение концентрации ионов аммония отражает ухудшение санитарных характеристик состояния водного объекта. В поверхностных водах ионы аммония образуются при растворении в воде аммиака. Его основным источником являются болота, где активно протекают процессы биохимического преобразования органических веществ. Увеличение уровня кислотности поверхностных вод может привести к увеличению концентрации ионов аммония. По результатам ЛЭМ 2015 года, превышение рыбохозяйственного норматива было выявлено в 10 из 16 проб (1,02-1,80 ПДКр.х.), что говорит о наличии антропогенного вклада в увеличение концентрации ионов аммония. Стоит отметить, что в 2016-2017 годах превышений по данному показателю не было выявлено.

Химическое загрязнение нефтепродуктами является одним из основных факторов, отражающих антропогенное воздействие на компоненты природной среды. В результате поступления в водные объекты НУ постепенно осаждаются на дно и аккумулируются в донных отложениях, создавая опасность формирования очагов вторичного загрязнения поверхностных вод. В донных отложениях концентрации нефтепродуктов за 2015 год варьировали в диапазоне от 38 до 148 мг/кг. Несоответствие было выявлено по 9 пробам из 9. В то же время, согласно работе Московченко Д.В. (2010), среднее фоновое содержание нефтепродуктов в донных осадках находится в диапазоне <5 -50 мг/кг, соответственно, превышения верхней границы среднего фонового содержания углеводородов наблюдались в 7 из 9 проб, кратность превышения составила 1,3-2,9. Наибольший показатель был выявлен в точке УФ-3, находящейся вне зоны воздействия объектов Бованенковского НГКМ, что говорит об отсутствии зависимости распределения содержания нефтепродуктов в донных осадках от типа пункта наблюдений (Отчёт ЛЭМ БНГКМ, 2015).

По содержанию ТМ в донных отложениях были выявлены несоответствия: для Ni – 7 из 9, Zn – 7 из 9, Mn – 8 из 9, Cu – 8 из 9. Марганец является типоморфным элементом тундровых ландшафтов и наиболее активным мигрантом, как и железо. Парагенетическая ассоциативность этих двух элементов обусловливает высокие содержания марганца в донных отложениях. Увеличение концентрации меди говорит о техногенном воздействии: пи интенсивных механических нарушениях почвенного покрова в речные русла поступают тонкодисперсные коллоидные частицы, что способствует увеличению концентрации Cu. Присутствие повышенных содержаний никеля может быть обусловлено составом пород, слагающих русло водотоков. Цинк активно накапливается растительностью, присутствие детрита в составе донных отложений может повлиять на увеличение его содержания.

| Определяемые показатели | Диапазон значений показателей в поверхностной воде по годам | | | Отклонение от СРЗ | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| количество несоответствий из общего числа проб | | | | | | Кратность превышений | | | | | |
| 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | |
| ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ |
| рН, ед.рН | 6,10-7,09 | 6,37-6,78 | 5,56-6,86 | 9 из 18 | – | 7 из 18 | – | 5 из 18 | – | – | – | – | – | – | – |
| БПК5, мгО2/дм3 | <0,50-3,19 | 1,86-4,80 | 1,60-3,40 | – | 9 из 18 | 1 из 18 | 18 из 18 | 16 из18 | 18 из 18 | – | 1,2-2,0 | 1,2 | 1,17-3,02 | 1,04-1,61 | 1,01-2,14 |
| Аммоний ион, мг/дм3 | 0,20-0,90 | 0,39-0,48 | 0,19-0,42 | 10 из 18 | 16 из 18 | – | 12 из 18 | – | 4 из 18 | 1,02-1,80 | 1,05-2,30 | – | 1,03–1,20 | – | 1,05 |
| Нитрат-ион, мг/дм3 | 0,100-0,340 | 0,126-0,320 | 0,135-0,410 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Фосфат-ион, мг/дм3 | <0,031-0,042 | <0,0307-0,0390 | <0,0307-0,0370 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Сульфат-ион, мг/дм3 | 0,52-7,60 | <2,0-3,0 | <2,0-4,7 | – | 12 из 18 | – | 18 из 18 | – | 8 из 18 | – | 2,5-7,8 | – | 2,04–3,06 | – | 2,35–4,80 |
| Хлорид-ион, мг/дм3 | 17,4-169,0 | 16,0-49,8 | 15,9-46,6 | – | 16 из 18 | – | 15 из 18 | – | 12 из 18 | – | 1,2–9,4 | – | 1,01–2,76 | – | 1,20–2,58 |
| АПАВ, мг/дм3 | <0,025 | <0,025 | <0,025-0,049 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Нефтепродукты, мг/дм3 | 0,009-0,050 | 0,0098-0,0190 | 0,0106-0,0280 | – | 10 из 18 | – | – | – | 3 из 18 | – | 1,04-2,10 | – | – | – | 1,04–1,17 |
| Фенолы (в пересчете на фенол), мг/дм3 | <0,0005-0,0015 | <0,0005-0,0009 | <0,00050-0,00095 | 1 из 18 | 1 из 18 | – | – | – | – | 1,5 | 1,2 | – | – | – | – |
| Железо общее, мг/дм3 | 0,019-1,130 | <0,010-0,340 | <0,010-0,086 | 16 из 18 | 3 из 18 | 13 из 18 | – | – | – | 1,6-11,3 | 1,1–1,2 | 1,69–3,40 | – | – | – |
| Свинец, мг/дм3 | <0,001-0,002 | <0,001 | <0,001 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Цинк, мг/дм3 | <0,005-0,010 | <0,010 | <0,010 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Марганец, мг/дм3 | <0,010-0,280 | <0,010-0,200 | <0,010-0,024 | 8 из 18 | 7 из 18 | 14 из 18 | 14 из 18 | 2 из 18 | 2 из 18 | 1,40-28,0 | 3,6-13,3 | 4,1-20,0 | 1,95-9,52 | 2,4 | 1,14 |
| Медь, мг/дм3 | <0,0010-0,0039 | <0,001 | <0,001 | 8 из 18 | 8 из 18 | – | – | – | – | 1,8–3,9 | 1,6–3,5 | – | – | – | – |
| Никель, мг/дм3 | 0,0100-0,0035 | <0,010 | <0,010 | – | 7 из 18 | – | – | – | – | – | 1,1–1,4 | – | – | – | – |
| Хром, мг/дм3 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Ртуть, мг/дм3 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

Таблица 7. Сравнительные данные по результатам локального экологического мониторинга поверхностных вод БНГКМ

за 2015-2017 гг. (Отчёт ЛЭМ НГКМ, 2017).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемые показатели | Диапазон значений показателей в поверхностной воде по годам | | | Несоответствия нормативам качества/СРЗ в донных отложениях\* | | | | | |
| количество несоответствий из общего числа проб (объем выборки - 9 проб) | | | кратность отклонений | | |
| 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. |
| рН, ед рН | 5,30-6,60 | 6,48-7,45 | 6,59-7,69 | – | – | – | – | – | – |
| сульфат-ион, мг/кг\*\* | <240,0 | <960,0-1353,6 | 614,4-1430,4 | – | – | – | – | – | – |
| хлорид-ион, мг/кг | 30,0-570,0 | 23,7-39,6 | 37,1-64,5 | – | – | – | – | – | – |
| нефтепродукты, мг/кг | 38,0-148,0 | 5,1-7,2 | 5,7-8,6 | 9 из 9 | – | 1 из 9 | 4,8–18,9 | – | 1,10 |
| АПАВ, мг/кг | 1,0-4,4 | 0,22-0,45 | 0,23-0,46 | – | – | – | – | – | – |
| железо, мг/кг \*\*  (валовая форма) | 220-2410 | <7000 | <7000 | – | – | – | – | – | – |
| марганец, мг/кг  (валовая форма)\*\* | 50,0-510,0 | <77,43 | <77,43 | 8 из 9 | – | – | 1,1–3,1 | – | – |
| медь, мг/кг (валовая форма) | 1,7-12,7 | <20 | <20 | 8 из 9 | – | – | 1,1–1,8 | нижний диапазон МИ выше СРЗ  – | |
| свинец, мг/кг  (валовая форма) | 2,3-9,9 | <30 | <30 | – | – | – | – | – | – |
| цинк, мг/кг (валовая форма) | 6,7-32,0 | <10,0-17,0 | <10,0 | 7 из 9 | – | – | 1,1-1,2 | – | – |
| никель, мг/кг  (валовая форма) | 2,8-20,0 | <10 | <10 | 7 из 9 | – | – | 1,1–1,4 | – | – |
| хром, мг/кг  (валовая форма) | 5,7-37,0 | <80 | <80 | – | – | – | – | – | – |

Таблица 8. Сравнительные данные по результатам локального экологического мониторинга донных отложений БНГКМ

за 2015-2017 гг. (Отчёт ЛЭМ НГКМ, 2017).

Таблица 9. Сравнительные данные по результатам локального экологического мониторинга почвенного покрова БНГКМ за 2015-2017 гг. (Отчёт ЛЭМ НГКМ, 2017).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Определяемые показатели | Диапазон значений показателей в почвенном покрове по годам | | | Несоответствия нормативам (ПДК, ОДК, СРЗ) в почвенном покрове | | | | | | | | | | | |
| количество несоответствий из общего числа проб (объем выборки - 7 проб) | | | | | | кратность превышений ПДК (ОДК) и СРЗ | | | | | |
| 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | |
| ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ | ПДК | СРЗ |
| рН водной вытяжки, ед. рН | 5,7-7,8 | 6,98-7,61 | 6,10-6,55 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Бенз(а)пирен, мг/кг | <0,005 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Фосфат-ион, мг/кг | 420->500 | 26-37 | 26 -37 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Сульфат-ион, мг/кг | <240 | <960 | <960 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Хлорид-ион, мг/кг | 32,0-60,0 | 46,8-79,8 | 45,7-77,6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Нитрат-ион, мг/кг | - | 1,82-6,28 | 1,42-6,65 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Нефтепродукты, мг/кг | 42,0-214,0 | 9,6-52,0 | 8,7-48,0 | - | 7 | - | 3 | - | 3 | - | 3,2-16,4 | - | 1,2-2,2 | - | 1,40-2,04 |
| АПАВ, мг/кг | 1,1-2,4 | 0,40-0,63 | 0,39-0,56 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1,6 | - | - | - | - |
| Железо общее  (валовая форма), мг/кг | 19,1-750,0 | <7000 | <7000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Свинец (валовая форма), мг/кг | 1,8-4,5 | <30,0 | <30,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Цинк (валовая форма), мг/кг | 6,5-25,0 | <10,0-34,0 | <10,0 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1,2 | - | - | - | - |
| Марганец (валовая форма), мг/кг | 59,0-130,0 | <77,43 | <77,43 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1,01 | - | - | - | - |
| Никель (валовая форма), мг/кг | 4,4-9,0 | <10,0 | <10,0 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1,08 | - | - | - | - |
| Хром (валовая форма), мг/кг | 5,3-10,9 | <80,0 | <80,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ртуть (валовая форма), мг/кг | <0,005 | <0,01-0,23 | 0,10-0,19 | - | - | - | 4 | - | 6 | - | - | - | 6,9-14,4 | - | 6,9-11,9 |
| Медь (валовая форма), мг/кг | 1,7-5,5 | <20,0 | <20,0 | - | 3 | - | - | - | - | - | 1,02-1,17 | - | - | - | - |
| Фенолы, мг/кг | <0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Кадмий, мг/кг | <0,01-0,16 | - | <0,05-0,14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

По результатам ЛЭМ окружающей среды территории Бованенковского НГКМ за 2015-2016 гг. состояние экологической обстановки было оценено с помощью системы интегральной оценки с привлечением набора показателей, представленных выше.

Средний балл за 2015 год составил 2,2, за 2016 – 1,6. Экологическая обстановка за 2 года была оценена как «удовлетворительная» (с низким уровнем загрязнения). Превышения нормативных значений в поверхностных водах в своем большинстве относились к низкому и среднему уровню загрязнения. Загрязнения высокого уровня (10-50 ПДК) зафиксированы в 2015 году по марганцу в 5 точках и железу общему в 3-х точках. Повышенные концентрации показателей в поверхностных водах в значительной степени обусловлены природными факторами и особенностями, определяющими специфику гидрохимического режима. В исследованных образцах почв и донных осадках уровень содержания ЗВ не превышал допустимых значений.

**4.2. Результаты ЛЭМ за 2017 год**

Полученные в ходе ЛЭМ окружающей среды Бованенковского НГКМ данные свидетельствуют об улучшении экологической ситуации в сравнении с 2016 годом: средний балл составил 1,5. Состояние экологической обстановки было оценено как «удовлетворительное» (с низкими показателями загрязнения). Количество значений гидрохимических параметров, находящихся в пределах, установленных для них рыбохозяйственных ПДК, увеличилось на 1 в сравнении с 2016 годом (14 из 18) и на 3 в сравнении с 2015 годом (12 из 18). Загрязнения высокого и экстремально высокого уровня не отмечены, что также является одним из основных отличий от предыдущих результатов.

Содержание определяемых элементов и веществ в донных отложениях находилось в пределах установленных для них нормативов качества. Негативных тенденций к увеличению среднего значения суммарного показателя химического загрязнения донных отложений (Zc) относительно результатов прошлых лет не наблюдалось.

Концентрации ТМ в почвах находились в пределах нормы в 100% пробах, что также не подтвердило наличие негативных тенденций, связанных с техногенным фактором, по содержанию загрязняющих веществ в почвенном покрове территории БНГКМ.

**4.3 Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах и донных осадках**

В ходе исследования были получены данные по содержанию валовых форм тяжелых металлов в почвах (табл.10) и донных осадках (табл.11).

Таблица 10. Валовые содержания тяжелых металлов в почвах за 2017 год

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт отбора проб | Fe  (мг/кг) | Pb  (мг/кг) | Zn  (мг/кг) | Mn  (мг/кг) | Ni  (мг/кг) | Cr  (мг/кг) | Hg  (мг/кг) | Cu  (мг/кг) |
| мг/кг | | | | | | | |
| К-4 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,190 | <20 |
| К-5 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,130 | <20 |
| К-6 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,180 | <20 |
| УК-4 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <0,1 | <20 |
| УК-5 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,110 | <20 |
| УФ-4 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,120 | <20 |
| УФ-5 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | 0,160 | <20 |

Таблица 11. Валовые содержания тяжелых металлов в

донных осадках за 2017 год

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт отбора проб | Fe  (мг/кг) | Pb  (мг/кг) | Zn  (мг/кг) | Mn  (мг/кг) | Ni  (мг/кг) | Cr  (мг/кг) | Cu  (мг/кг) |
| мг/кг | | | | | | |
| К-1 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| К-2 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| К-3 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| УК-1 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| УК-2 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| УФ-1 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |
| УФ-2 | <7000 | <30 | <10 | <77,43 | <10 | <80 | <20 |

В ходе лабораторного этапа ЛЭМ содержание представленных выше ТМ в образцах почв и донных осадков анализировалось методом рентгенофлуоресцентного анализа. Провести расчёт процентного содержания подвижных форм ТМ к имеющимся данным по валовым содержаниям не представляется возможным, поскольку представлены значения ниже предела обнаружения.

Получены данные по содержанию подвижных форм тяжелых металлов (табл.12, табл.13). Измерения концентраций ТМ в почвах и донных осадках проводились методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Метод основан на измерении интенсивности излучения атомов определяемых элементов, возникающего при распылении раствора анализируемой пробы в аргоновую плазму, индуктивно возбуждаемую радиочастотным электромагнитным полем. За фоновые значения были взяты ПДК подвижных форм ТМ (29).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер пробы | Ba мг/кг | Co мг/кг | Cr мг/кг | Cu мг/кг | Fe мг/кг | Mn мг/кг | Ni мг/кг | Pb мг/кг | Sr мг/кг | V мг/кг | Zn мг/кг |
| 1 (К-4) | 10,5 | 1 | 0,8 | 1,3 | 777 | 31,1 | 3 | 2,1 | 10,3 | 0,8 | 1,4 |
| 2 (К-5) | 19,5 | 3,5 | 0,9 | 2,1 | 1220 | 296,1 | 5,2 | 2,0 | 10,5 | 0,2 | 2 |
| 3 (К-6) | 9,4 | 1,2 | 0,5 | 1,5 | 800 | 118,4 | 3,2 | 1,4 | 11,1 | 0,1 | 0,7 |
| 4 (УК-4) | 8,5 | 0,001 | 0,6 | 1,2 | 628 | 13 | 3 | 0,9 | 9,8 | 0,001 | 0,8 |
| 5 (УК-5) | 27 | 0,9 | 1 | 1,2 | 1128 | 36,8 | 3,3 | 1,0 | 11,4 | 0,2 | 1,2 |
| 6 (УФ-4) | 19,4 | 1,1 | 0,6 | 1,1 | 846 | 130 | 2,9 | 0,9 | 10,3 | 0,1 | 0,8 |
| 7 (УФ-5) | 18,8 | 3,1 | 0,9 | 1,5 | 1360 | 198 | 5,6 | 1,5 | 8,6 | 0,3 | 2,2 |
| ПДК | 19,4 | 1,1 | 6 | 3 | 846 | 140 | 4 | 6 | 10,3 | 0,1 | 23 |

Таблица 12. Средние значения концентраций подвижных форм тяжелых металлов в почвах

Таблица 13. Средние значения концентраций подвижных форм тяжелых металлов в донных отложениях

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер пробы | Ba мг/кг | Co мг/кг | Cr мг/кг | Cu мг/кг | Fe мг/кг | Mn мг/кг | Ni мг/кг | Pb мг/кг | Sr мг/кг | V мг/кг | Zn мг/кг |
| 1 (К-1) | 12,9 | 1,8 | 0,7 | 1,2 | 1247 | 370 | 3,1 | 1,1 | 13 | 0,4 | 3,6 |
| 2 (К-2) | 13,4 | 1,5 | 0,6 | 1,4 | 985 | 376 | 3,0 | 1,1 | 12,3 | 0,4 | 1,9 |
| 3 (К-3) | 15,6 | 1,9 | 0,6 | 1,4 | 1028 | 447 | 3,3 | 1,1 | 11,7 | 0,2 | 2,1 |
| 4 (УК-1) | 14,4 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 1002 | 495,4 | 3,2 | 1,2 | 13,1 | 0,5 | 2,3 |
| 5 (УК-2) | 12,5 | 1,6 | 0,6 | 1,4 | 908 | 313 | 2,8 | 1,1 | 12,1 | 0,3 | 2,3 |
| 6 (УФ-1) | 10,4 | 1,4 | 0,6 | 1,1 | 725 | 278 | 2,7 | 1,0 | 9,0 | 0,4 | 2,8 |
| 7 (УФ-2) | 9,6 | 1,2 | 0,6 | 1,0 | 718 | 239 | 2,5 | 1,0 | 9,4 | 0,3 | 2,2 |
| ПДК | 10,4 | 1,4 | 6 | 3 | 725 | 140 | 4 | 6 | 9,4 | 0,4 | 23 |

Для проведения расчёта были взяты данные (табл.13) по валовым содержаниям ТМ почв Бованенковского НГКМ из работы Московченко Д.В. (Московченко, 2010). Результат представлен в таблице 14.

Таблица 13. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах Бованенковского НГКМ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы | Ba | Co | Cr | Cu | Mn | Ni | Pb | Sr | Zn |
| Мг/кг | 1620 | 10,1 | 47,6 | 19,6 | 693 | 23,9 | 9,8 | 71,8 | 35,6 |

Таблица 14. Процентное соотношение подвижных форм ТМ в почвах к валовым содержаниям

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точки   ТМ | Ba | Co | Cr | Cu | Mn | Ni | Pb | Sr | Zn |
| К-4 | 0,6 | 9,9 | 1,7 | 6,6 | 4,5 | 12,6 | 21,4 | 14,3 | 3,9 |
| К-5 | 1,2 | 34,7 | 1,9 | 10,7 | 42,7 | 21,8 | 20,4 | 14,6 | 5,6 |
| К-6 | 0,6 | 11,9 | 1,1 | 7,7 | 17,1 | 13,4 | 14,3 | 15,5 | 2,0 |
| УК-4 | 0,5 | 0,0 | 1,3 | 6,1 | 1,9 | 12,6 | 9,2 | 13,6 | 2,2 |
| УК-5 | 1,7 | 8,9 | 2,1 | 6,1 | 5,3 | 13,8 | 10,2 | 15,9 | 3,4 |
| УФ-4 | 1,2 | 10,9 | 1,3 | 5,6 | 18,8 | 12,1 | 9,2 | 14,3 | 2,2 |
| УФ-5 | 1,2 | 30,7 | 1,9 | 7,7 | 28,6 | 23,4 | 15,3 | 12,0 | 6,2 |

На диаграммах (рис.10 – рис.18) представлено % содержание подвижных форм ТМ в пунктах отбора проб почвы на территории Бованенковского НГКМ. Так, для бария доля подвижных форм варьирует от 0,5% до 1,7%, для кобальта от 0,001% до 34,7%, для хрома от 1,1% до 1,9%, для меди от 5,6% до 10,7%, для марганца от 1,9 до 42,7%, для никеля от 12,1% до 23,4%, для свинца от 9,2% до 21,4%, для стронция от 12,0% до 15,5% и для цинка от 2,0% до 5,6%. Наименьший интервал различий между долями наблюдается для стронция, наибольший – для марганца. Высокие показатели подвижности обнаружены для: кобальта в точках К-5 и УФ-5, марганца – в точке К-5. Это объясняется особенностями микроэлементного состава пород территории Бованенковского НГКМ и условиями миграции химических элементов в глеевых и мерзлотно-глеевых тундровых почвах.

Рис.10. Процентное соотношение подвижной формы Рис.11. Процентное соотношение подвижной формы

бария в почвах Бованенково кобальта в почвах Бованенково

Рис.12. Процентное соотношение подвижной формы Рис.13. Процентное соотношение подвижной формы

меди в почвах Бованенково хрома в почвах Бованенково

Рис.14. Процентное соотношение подвижной формы Рис.15. Процентное соотношение подвижной формы

марганца в почвах Бованенково никеля в почвах Бованенково

Рис.16. Процентное соотношение подвижной формы Рис.17. Процентное соотношение подвижной формы

свинца в почвах Бованенково стронция в почвах Бованенково

Рис.18. Процентное соотношение подвижной формы цинка в почвах Бованенково

Был рассчитан суммарный показатель загрязнения для почв (рис.19) и донных осадков (рис.20) Zc. Он представляет собой сумму коэффициентов концентрации (Kc) токсикантов (загрязнителей) I, II и III классов токсикологической опасности по отношению к фоновым значениям и рассчитывается по формуле: , где Kc – коэффициент концентрации i-го химического элемента, n – число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию. Кс = Сi/Сфон, где Ci – фактическое содержание элемента; Сфон.– геохимический фон. Результаты представлены на диаграммах.

Рис.19. Значения суммарного показателя загрязнения для почв

Рис.20. Значения суммарного показателя загрязнения для донных осадков

Определили категорию загрязнения отобранных компонентов природной среды согласно таблице 15 (31):

Таблица 15. Распределение по категории загрязнения почв и донных осадков   
БНГКМ в 2017 г.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Значения  Zc | Категория  загрязнения \* | 2017 г. | |
| Почвы | Донные осадки |
| 1–8 | Чистая | 7 | 7 |
| 8–16 | Допустимая | – | – |
| 16–32 | Умеренно опасная | – | – |
| 32–128 | Опасная | – | – |
| >128 | Чрезвычайно опасная | – | – |
| Среднее значение Zc | | 3,6 | 3,56 |

Все исследованные образцы относятся к категории загрязнения «чистая» (значения суммарного индекса загрязнения в диапазоне от 0 до 16). Для оценки состояния водных объектов по концентрациям химических элементов в донных отложениях использовали шкалу Янина:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Zc | Уровень техногенного загрязнения | Степень санитарно-токсикологической опасности | Содержание токсичных элементов в воде |
| 10< | Низкий | Допустимая | Большинство в пределах фона |

Статистический анализ (табл.16, табл.17) содержания подвижных форм ТМ в почвах показал высокую изменчивость вариационного ряда для значений по Co, Mn и V, что говорит о значительной вариабельности их значений.

Таблица 16. Статистические показатели исследованных образцов   
почв Бованенковского НГКМ за 2017 год.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ba | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Sr | V | Zn |
| Ср.знач | 16,1 | 1,5 | 0,8 | 1,4 | 965,4 | 117,7 | 3,8 | 1,4 | 10,3 | 0,3 | 1,3 |
| Мин | 8,5 | 0,001 | 0,5 | 1,1 | 627,8 | 13,0 | 2,9 | 0,9 | 8,6 | 0,001 | 0,7 |
| Макс | 27,0 | 3,5 | 1,0 | 2,2 | 1359,8 | 296,1 | 5,6 | 2,2 | 11,4 | 0,8 | 1,4 |
| Коэфф.вар. | 42,4 | 82,0 | 26,4 | 24,2 | 28,0 | 87,4 | 30,2 | 36,6 | 8,8 | 106,7 | 44,6 |
| σ | 6,8 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 270,2 | 102,8 | 1,1 | 0,5 | 0,9 | 0,3 | 0,6 |
| n | 7 | | | | | | | | | | |

Таблица 17. Статистические показатели исследованных образцов   
донных отложений Бованенковского НГКМ за 2017 год.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ba | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Sr | V | Zn |
| Ср.знач | 12,7 | 1,6 | 0,6 | 1,3 | 944,6 | 359,7 | 2,9 | 1,1 | 11,5 | 0,4 | 2,5 |
| Мин | 9,6 | 1,2 | 0,6 | 1,0 | 717,8 | 238,9 | 2,5 | 1,0 | 9,0 | 0,2 | 2,1 |
| Макс | 15,6 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 1246,8 | 495,4 | 3,3 | 1,1 | 13,2 | 0,5 | 3,7 |
| Коэфф.вар. | 16,6 | 17,4 | 7,5 | 13,2 | 19,5 | 25,3 | 9,3 | 6,7 | 14,3 | 28,3 | 24,1 |
| σ | 2,1 | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 184,5 | 91,2 | 0,3 | 0,1 | 1,6 | 0,1 | 0,6 |
| n | 7 | | | | | | | | | | |

Полученные показатели также сравнили с ПДК (табл.18) химических веществ в почве (29):

Таблица 18. ПДК химических веществ в почве (подвижная форма)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Наименование вещества | № CAS | Формула | Величина ПДК (мг/кг) с учётом фона (кларка) | Лимитирующий показатель вредности |
| 1 | Кобальт | 7440-48-4 | Co | 5,0 | Общесанитарный |
| 2 | Марганец | 7439-96-5 | Mn | 140,0 | Общесанитарный |
| 3 | Медь | 7440-50-8 | Сu | 3,0 | Общесанитарный |
| 4 | Никель | 7440-02-0 | Ni | 4,0 | Общесанитарный |
| 5 | Свинец | 7439-92-1 | Pb | 6,0 | Общесанитарный |
| 6 | Фтор | 16984-48-8 | F | 2,8 | Транслокационный |
| 7 | Хром трёхвалентный | 16065-83-1 | Cr (+3) | 6,0 | Общесанитарный |
| 8 | Цинк | 7440-66-6 | Zn | 23,0 | Транслокационный |

Были зафиксированы превышения по следующим показателям: марганец – 7 из 7 в донных осадках и 2 из 7 в почвах; никель – 2 из 7 в почвах.

**Заключение**

В результате проведённого исследования были проанализированы особенности территории Бованенковского НГКМ и дана оценка состояния его природной среды. Анализ теоретических источников показал, что ПТК исследуемых территорий уязвимы к воздействию нефте- и газодобывающей отрасли. Степень устойчивости к техногенному воздействию определяется климатическими условиями (температурный режим, циркуляция воздушных масс, колебания температуры и др.), составом почвообразующих пород, особенностями литологического строения почвообразующих пород, гидрохимическим режимом водных объектов, широким распространением ММП.

Одним из основных видов негативного воздействия на ПТК полуострова Ямал является геомеханическое воздействие на почвы и растительность. В опубликованных работах ряда исследователей (Опекунова и др., 2012;2015;2016;2018) отмечается, что нарушению ландшафтов способствует активизация криогенных процессов, вызывающих оттаивание многолетнемерзлых пород. Особенно актуальна данная проблема сейчас, когда идёт интенсивное освоение нефтяных и газовых месторождений на полуострове Ямал. При строительстве, бурении или перевозке грузов нарушается растительный покров – в результате чего возможно частичное или полное изменение видового состава.

Увеличение концентрации НУ в почвах обусловлено нефте- и газодобывающей деятельностью. При поверхностном загрязнении возникают условия, препятствующие восстановлению растительного покрова. Почвы способны к самоочищению от НУ, но в условиях крайнего севера их деградация протекает очень длительно и в процессе разложения часть веществ способны трансформироваться в токсичные соединения, ещё больше замедляя процесс. При попадании в водные объекты, НУ способны аккумулироваться в донных отложениях, становясь потенциальным источником вторичного загрязнения.

Тяжелые металлы способны переходить в подвижные формы и мигрировать по экосистеме. Почвы Ямала характеризуются переувлажненностью и малой величиной элементарных почвенных ареалов, что создает условия для перехода ТМ в почвенный раствор.

Анализ результатов ЛЭМ за 2014-2017 гг. показал, что экологическая ситуация на территории Бованенковского НГКМ оценена как «удовлетворительная». Оценка состояния производилась путём подсчёта среднего балла с привлечением набора показателей, установленных Программой ЛЭМ БНГКМ. Концентрация всех контролируемых химических веществ в атмосферном воздухе находилась ниже предела обнаружений. Техногенное влияние на состояние снежного покрова инфраструктуры БНГКМ не было выявлено. В поверхностных водах значительные превышения (10-50 ПДК) фиксировались, в основном, по марганцу. Они обнаружены в пробах вод, протекающих выше расположения объектов месторождения, что говорит о природном происхождении зафиксированного уровня марганца. В почвенном покрове и донных отложениях не было выявлено тенденций к увеличению содержания ЗВ выше фоновых значений.

Были проанализированы отобранные пробы на содержание подвижных форм ТМ. Превышения фоновых значений были зафиксированы по марганцу – 7 проб из 7 в донных осадках (от 1,7 до 3,5 ПДК; в почвах – 2 пробы из 7, 1,4 и 2,1 ПДК) и никелю – 2 из 7 в почвах (1,3 и 1,4 ПДК). Марганец является наиболее активно мигрирующим элементом в почвах кислого глеевого класса. На окислительном барьере в реках марганец в форме оксигидроксидов осаждается, что обусловливает его высокие концентрации в донных осадках. Московченко (2010) в своём исследовании отмечал, что на территории Бованенковского НГКМ повышенные концентрации большой группы элементов, в том числе и никеля, обусловлены составом пород, слагающих исследуемую территорию. Следовательно, зафиксированные концентрации Ni обусловлены природными особенностями месторождения.

Рассчитаны суммарные показатели загрязнения для почв и донных осадков Zc. Все исследованные образцы относятся к категории загрязнения «допустимая» (значения суммарного индекса загрязнения в диапазоне от 0 до 16). Максимальные значения для почв – 8,0 в точке К-6, для донных осадков – 5,4 в точке УК-4. Значение Zc почв в условно-фоновой точке УФ-5 составило 6,4, это выше показателя контрольной точки К-5. Таким образом, показатели Zc для донных осадков отражают систему распределения точек пробоотбора на контрольные, условно-контрольные и условно-фоновые. По шкале Янина было оценено состояние донных отложений. По диапазону полученных значений уровень загрязнения оценивается как «низкий».

Превышения фоновых значений по марганцу и никелю обусловлены, в основном, природными факторами. По другим ТМ (Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Sr, V, Zn) превышения не установлены, что говорит об отсутствии сверхнормативного техногенного влияния на состояние природной среды месторождения.

**Список литературы**

1. Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Шамилишвили Г.А., Лодыгин Е.Д. Содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводородов в почвах населённых пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа // Гигиена и санитария, 2016. №95(9). С. 818–821.
2. Арестова И.Ю. Оценка устойчивости тундровых экосистем с использованием геохимических и фитоиндикационных показателей // Диссертация, Санкт-Петербург,2003.
3. Инструкции по отбору и транспортировке проб природной воды, донных отложений, почвы и снежного покрова, отбираемых на территории лицензионных участков ООО «Газпром добыча Надыма»
4. Ипполитов А.А., Хайруллин А.А. Особенности геологического строения Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения // Научный форум. Сибирь,2015. №1. С. 43–45.
5. Козлова А.Е. Антропогенное преобразование рельефа в условиях хозяйственного освоения территории полуострова Ямал // Известия РАН. Серия географическая, 2013. №4. С. 87–94.
6. Кукушкин, С.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири // Диссертация, Санкт-Петербург, 2016.
7. Мельников И.В. Доклад «Об оценке последствий изменений климата для производственных объектов ПАО «Газпром», расположенных в климатически уязвимых районах, и мероприятия по их адаптации» // Материалы заседания координационного комитета ПАО «Газпром» по вопросам охраны окружающей среды и энергоэффективности, 2017.
8. Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
9. Мокеев М.Ю., Жмулин В.В., Жир Г.П. Обустройство сеноман-аптских залежей Бованенковского НГКМ и строительство системы МГ «Бованенково-Ухта». Инженерно-экологические изыскания // Общая пояснительная записка, Саратов, 2005.
10. Мокеев М.Ю., Жмулин В.В., Жир Г.П. Обустройство сеноман-аптских залежей Бованенковского НГКМ т.1 изм.2 // Общая пояснительная записка, 2008
11. Московченко Д.В. Геохимия ландшафтов севера Западно-Сибирской равнины: структурно-функциональная организация вещества геосистем и проблемы экодиагностики // Диссертация, Санкт-Петербург, 2010.
12. Московченко Д.В. Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал) / Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование,2013. №12. С.57– 66.
13. Овчинникова Т.В., Косенкова Н.А. Техногенное загрязнение почв // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2011. №1. С. 72 – 73.
14. Отчёт «Результаты производственного экологического мониторинга территории Бованенковского лицензионного участка ООО «Газпром добыча Надым» за 2014 год» // ООО «Газпром Добыча Надым», 2015.
15. Отчёт «Результаты локального экологического мониторинга территории Бованенковского лицензионного участка ООО «Газпром добыча Надым» за 2015 год» // ООО «Газпром Добыча Надым», 2016.
16. Отчёт «Результаты локального экологического мониторинга территории Бованенковского лицензионного участка ООО «Газпром добыча Надым» за 2016 год» // ООО «Газпром Добыча Надым», 2017.
17. Отчёт «Результаты локального экологического мониторинга территории Бованенковского лицензионного участка ООО «Газпром добыча Надым» за 2017 год» // ООО «Газпром Добыча Надым», 2018.
18. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа ЯНАО / Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 7. Геология. География, 2012. №4. С. 87–101.
19. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г., Кукушкин С.Ю., Широков М.Ю. Оценка загрязнения почв отходами буровых работ на территории ЯНАО // Сборник публикации конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» Краснодар, Кубанский госагроуниверситет, 2015.
20. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю. Антропогенная динамика тундровых экосистем Западной Сибири под влиянием нефтегазодобычи // изд-во ИПОС СО РАН,2012. С. 403-406
21. Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю., Арестова И.Ю. Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири //Сибирский экологический журнал, 2018. №1. С. 122–138.
22. Подурушин В.Ф. Тектоника фундамента и её влияние на формирование газового потенциала полуострова Ямал // Научно-технический сборник «Вести газовой науки»,2011. №3. С. 65–72.
23. Постановление правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 14.02.2013 №56-П «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территориях Ямало-Ненецкого автономного округа» (с изменениями от 14.07.2016)
24. Программа локального экологического мониторинга окружающей среды Бованенковского лицензионного участка // ООО «Газпром добыча Надым», 2015
25. Пыстина Н.Б., Баранов А.В. Исследования гидрохимических характеристик водных объектов в районе Бованенковского НГКМ // Научно-технический сборник «Вести газовой науки»,2013. №2. С. 107–112.
26. СТО Газпром 2-1.19-275-2008 Охрана окружающей среды на предприятиях ОАО «Газпром». Производственный экологический контроль. Общие требования // Стандарт отрасли, Москва, 2008.
27. СТО Газпром 2-1.19-415-2010 Охрана окружающей среды на предприятиях ОАО «Газпром». Экологический мониторинг. Общие требования // Стандарт отрасли, Москва, 20010.
28. Томашунас В.М., Абакумов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах полуострова Ямал и острова Белый // Гигиена и санитария,2014. №6. С. 26–31.
29. http://www.np-ciz.ru/userfiles/2\_1\_7\_2041-06.pdf – Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», 28 марта 2018
30. http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293783/4293783539.htm – РД 52.18.289-90 «Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом», 3 апреля 2018
31. http://files.stroyinf.ru/Data1/11/11782/ – Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы», 1 апреля 2018
32. http://www.consultant.ru/document/cons\_doc\_LAW\_34823/ – Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. От 31.12.2017), 10 марта 2018