

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

ВЫПУСК № 2 (91)

**ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ**

Салехард
2016

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
Ямало-Ненецкого автономного округа

Выпуск № 2 (91)

**ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ**

Салехард
2016

УДК 631.95(571.121)
ББК 65.28(2Рос-6Яма)
Н 34

Редакционная коллегия:

Синицкий Антон Иванович —

директор ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к. г.-м. н.;

Вороненко Александр Григорьевич —

заместитель директора ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»
по научно-исследовательской работе, к. п. н.;

Агбалян Елена Васильевна —

главный научный сотрудник сектора экологических исследований отдела экологического мониторинга
и биомедицинских технологий ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», д. б. н.;

Колесников Роман Александрович —

ведущий научный сотрудник, заведующий сектором экономической географии отдела регионоведения
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к. г. н.

Редактор — Шлюшинская Ольга Владимировна

Научный вестник ЯНАО № 2 (91). Экология и природопользование в Ямало-Ненецком автономном округе. — № 2 (91). — Тюмень, 2016. — 80 с.
ISBN 978-5-9908628-2-1

Выпуск приурочен к проведению Года экологии в Российской Федерации в 2017 году и посвящен проблемам экологии и рационального природопользования в Ямало-Ненецком автономном округе в условиях активного промышленного освоения территории. В сборнике опубликованы оригинальные статьи теоретического, методического и научно-практического характера в области изучения природы, охраны окружающей среды и рекультивации нарушенных земель, географического прогнозирования, геокриологии, моделирования природных процессов.

Расчитан на научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в области рационального природопользования и экологии, работников экологических служб и всех читателей, интересующихся экологией северных территорий.

УДК 631.95(571.121)
ББК 65.28(2Рос-6Яма)

СОДЕРЖАНИЕ:

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Н. Б. Пыстина, А. В. Баранов, Е. Л. Листов, Б. О. Будников</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА..... | 4 |
| <i>А. И. Сеницкий, А. М. Мальгин</i> ЭКОЛОГО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА «БОВАНЕНКОВО–УХТА» НА ЯМАЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ..... | 9 |
| <i>Р. А. Колесников</i> МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОПОЧВ КАК ОСНОВА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПЛЕЙСТОЦЕНА И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ..... | 22 |
| <i>А. С. Попов, О. В. Вакуленко, В. В. Матюшкин</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПАРКА ИМ. Е. Ф. КОЗЛОВА В Г. НАДЫМ (ЯНАО) И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ | 29 |
| <i>К. Ю. Суковатов, Н. Н. Безуглова</i> ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ ХОЛОДНОГО СЕЗОНА НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ И ИХ СВЯЗЬ С ИНДЕКСАМИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ..... | 37 |
| <i>Е. В. Агбалян, Е. В. Шинкарук, В. Ю. Хорошавин</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ТАЗОВСКОМ РАЙОНЕ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА | 44 |
| <i>Е. Ю. Зарубина</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ ТЕРРИТОРИИ БОВАНЕНКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПОЛУОСТРОВ ЯМАЛ)..... | 50 |
| <i>Н. И. Ермолаева</i> ЗООПЛАНКТОН РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В 2015 ГОДУ | 56 |
| <i>А. С. Попов, С. В. Залесов, Т. В. Селезнева</i> ЛЕСНАЯ ОТРАСЛЬ ЯМАЛА: ОТРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ ИСТОРИИ ОКРУГА | 63 |
| <i>Е. В. Агбалян</i> РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ АДАПТАЦИИ КОРЕННОГО МАЛОЧИСЛЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ..... | 66 |
| <i>Л. Э. Табиханова, Л. П. Осипова, Т. В. Чуркина, Е. Н. Воронина, М. Л. Филипенко</i> ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ЦИТОХРОМА P450 CYP1A1 (ILE462VAL) У ПОТОМКОВ СМЕШАННЫХ БРАКОВ ТУНДРОВЫХ НЕНЦЕВ С РУССКИМИ | 71 |

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В статье рассмотрены вопросы снижения негативных техногенных воздействий на окружающую среду в условиях освоения месторождений полуострова Ямал. Особое внимание уделено адаптации технологий биологической рекультивации и очистки земель от углеводородов. Предложены усовершенствованные технологии рекультивации для различных типов ландшафтов и техногенных нарушений, основанные на применении специально подобранных травосмесей, удобрений, химических и биологических средств (гумат натрия, ауксины, ксантановая смола, биоматы, биопрепараты и др.).

Статья основана на результатах многолетних научных исследований, выполненных сотрудниками ООО «Газпром ВНИИГАЗ» на территории полуострова Ямал с привлечением ведущих специалистов профильных НИИ РФ.

Ключевые слова: месторождение, углеводороды, Крайний Север, полуостров Ямал, нарушенные и загрязненные земли, негативные экзогенные процессы, технологии рекультивации.

Современный этап развития газовой промышленности России неразрывно связан с освоением новых месторождений углеводородов Крайнего Севера. Одним из приоритетных регионов, осваиваемых в настоящее время, является полуостров Ямал.

Однако при освоении месторождений полуострова Ямал ПАО «Газпром» сталкивается с необходимостью решения целого комплекса сложнейших проблем и задач, среди которых особое место занимают проблемы экологического плана [Пыстина и др.].

Одним из основных направлений исследований является техническая и биологическая рекультивация, а также очистка нефтезагрязненных земель осваиваемых территорий. При повреждении почвенно-растительного покрова происходит нарушение теплообмена в минеральной толще, и как следствие, деградация многолетнемерзлых пород (увеличение мощности слоя сезонного оттаивания, усиление процессов термоэрозии и термокарста). Развитие этих процессов не ограничивается локальным проявлением, а через систему пространственного взаимодействия между биогеоценозами дестабилизирует состояние природных ландшафтов, обуславливая нарушение их устойчивости. Процессы естественного восстановления нарушенных участков происходят в условиях Крайнего Севера чрезвычайно медленно — до 10 и более лет. Следует учитывать, что почвенно-растительный покров — это наиболее уязвимый элемент природных комплексов территории Крайнего Севера. При этом система традиционного природопользования на территории основана на использо-

вании тундровых пастбищ, что повышает актуальность задач по эффективному восстановлению земель.

К настоящему времени для их восстановления разработаны различные методы рекультивации нарушенных земель:

- 1) внесение на нарушенные участки минеральных удобрений, стимулирующих разрастание корневищных злаков;
- 2) закрепление техногенных песков многолетними злаками, бобовыми и некоторыми кустарниковыми растениями;
- 3) посев многолетних трав преимущественно местных видов с предварительным внесением органических (торф, сапропель, навоз) и минеральных удобрений;
- 4) интенсификация естественного восстановления растительности на нарушенных землях путем внесения удобрений на заросшие участки для улучшения их плодородия и возрастания числа зрелых семян;
- 5) посадка растений в контейнерах и биоматах.

Общим для них является применение быстрорастущих, адаптированных к суровым условиям Крайнего Севера многолетних трав и кустарников.

Однако практический опыт показал, что эти методы не в полной мере позволяют в кратчайшие сроки обеспечить восстановление почвенно-растительного покрова.

В связи с этим специалистами ведущего головного научного центра ПАО «Газпром» — ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в районе освоения Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения, начиная с 2009 г., заложены



Рис. 1. Опытные участки восстановления нарушенных земель на Бованенковском НГКМ

Таблица 1

Пример схемы вариантов закладки технологий

| Залужение (разная норма травосмеси — кг/га) + полив отходами ТБО (фильтрат) + ауксин | | | Залужение (разная норма посева травосмеси — кг/га) + гумат натрия (0,05 %) | | | Залужение (норма травосмеси — 100 кг/га) + <i>Pseudomonas putida</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1-й вариант травосмеси | | | | | | |
| 100 1.1 (I) | 150 1.2 (I) | 200 1.3 (I) | 100 1.5 (I) | 150 1.6 (I) | 200 1.7 (I) | 1.4 (I) |
| 2-й вариант травосмеси | | | | | | |
| 100 1.1 (II) | 150 1.2 (II) | 200 1.3 (II) | 100 1.5 (II) | 150 1.6 (II) | 200 1.7 (II) | 1.4 (II) |

опытные участки, где на постоянной основе проводятся исследования по восстановлению техногенно-нарушенных и загрязненных территорий.

Результаты исследований послужили основой для разработки рекомендаций по снижению негативных техногенных воздействий на окружающую среду.

Проведена апробация на опытных участках адаптированных технологий биологической рекультивации и очистки земель от углеводородов, в т. ч. разработанных в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Так, на пологих участках местности было проведено (рис. 1, табл. 1):

- применение технологии гранулированного посева;
- залужение с использованием стимуляторов роста растений (гумат натрия и ауксин), сапропеля, а также внесение биопрепарата на основе почвенных бактерий.

На участках с уклоном были апробированы следующие технологии:

- использование 0,3 % раствора ксантановой смолы или поливинилового спирта марки ПВС-16/1;
- применение биоматов на льняной основе.

Высокую эффективность для скрепления частиц грунта и повышения эрозионной устойчивости склонов продемонстрировал природный полисахарид ксантан. Он экологически безопасен, нетоксичен, разрешен к применению на нефтепромыслах России. Гумат натрия — органическое удобрение, которое является хорошим стимулятором роста, увеличивает урожайность растений на 30–60 % и стойкость растений к заболева-

ням, активизирует процесс фотосинтеза. Одновременно повышается зимостойкость и засухоустойчивость, ускоряется рост растений и созревание плодов. Способствует интенсивному развитию корневой системы. Улучшает восприятие минеральных элементов питания. При заболевании растений усиливает процессы репарации, регенерации в растениях при неблагоприятных условиях.

Еще одним средством для восстановления почвенно-растительного покрова является применение ауксинов. Ауксины — это природные ростовые гормоны, стабильные и нетоксичные, стимулирующие ростовые процессы (рост корней у черенков, растяжение клеток у отрезков стеблей, деление клеток в растительной ткани).

Рекомендованы оптимальные составы травосмесей для проведения рекультивационных работ. В их состав входят мятлик луговой, пырей ползучий, кострец безостый, овсяница луговая, овсяница красная, тимофеевка луговая.

Особое внимание было уделено предотвращению опасных эрозионных процессов и явлений. Для этих целей были предложены следующие мероприятия превентивной защиты:

- локализация, распыление и сброс избыточного стока;
- укрепление склонов биоматами, георешетками;
- стабилизационные мероприятия (консервация эрозионных форм).

Наиболее перспективными признаны биоматы на биоразлагаемой (льняной и т. п.) основе, состоящие



Рис. 2. Очистка нефтезагрязненных почв биопрепаратом «БИОРОС»

из нескольких слоев полотна и семян местных трав. Проведенные эксперименты показали, что они обеспечивают стабилизацию микрорельефа и быстрое (в течение одного–двух сезонов) восстановление растительного покрова. При этом, в отличие от синтетических биоматов, они полностью разлагаются в течение нескольких лет и не загрязняют окружающую среду.

Для очистки нефтезагрязненных почв предложен препарат «Биорос», водных поверхностей — «Биорос-сорб», разработанные в ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Биопрепараты на основе почвенных бактерий *Pseudomonas* повышают скорость деградации нефти и тем самым обеспечивают очистку загрязненных почв. Кроме того, они положительно влияют на корнеобразование на ранних этапах развития растения. Благодаря этому развивается густой травостой с плотной дерниной, играющий исключительно важную роль в повышении эрозионной устойчивости почвенных поверхностей.

Результаты проведенных экспериментов на Бованенковском НГКМ показали, что применение в бурте и на поверхности биотехнологических способов очистки почвы от углеводородных загрязнений, (биопрепарат «БИОРОС»), позволяют достичь 85 % очистки при среднесуточной температуре + 7 °С в течение 10 дней (рис. 2, 3).

Разработка биосорбента «БИОРОССОРБ», обладающего высокой сорбционной емкостью, способностью

утилизации широких фракций жидких углеводородов и саморазложения в природных условиях, повышает уровень экологической безопасности работ по очистке углеводородозагрязненных сред и значительно интенсифицирует процесс их утилизации.

В целом контроль эффективности восстановленных пилотных участков показал преимущества предлагаемых методов восстановления земель. По итогам исследований можно сделать следующие выводы (табл. 2):

- на участках с повышенным уровнем эрозионной опасности (откосах карьера) применение методов закрепления поверхности биоматами и рекультивационным составом на основе отработанного бурового раствора с добавлением ксантана эффективно в сочетании с техническими мероприятиями: выравниванием поверхности и укладкой георешетки на участках с уклоном поверхности более 12°;

- в условиях умеренного и избыточного увлажнения посев травосмесей в гранулах обеспечивает благоприятный режим для прорастания семян и значительно повышает всхожесть. Применение технологии гранулированного посева эффективно на разных типах почв: бедных песчаных, тундровых элювиально-глеевых торфянистых почвах, почвах с кислой и нейтральной реакцией среды;

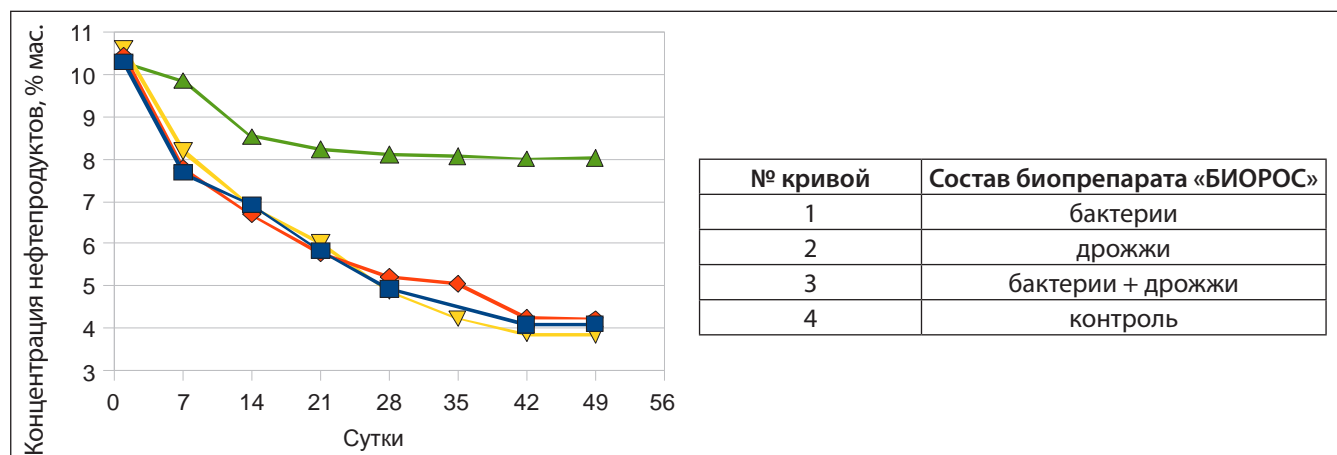


Рис. 3. График изменения концентрации нефтепродуктов во время очистки нефтешлама

Наиболее эффективные технологии рекультивации при освоении месторождений углеводородов полуострова Ямал

| Наименование объекта | Степень обводненности | Тип почв | Технология |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Карьер минерального грунта | Дренажные равнины, участки с умеренным увлажнением | Примитивные песчаные | Залужение с минеральным удобрением |
| | | Примитивные песчаные | Гранулированный посев |
| | | Примитивные песчаные почвы с кислой реакцией (pH<5.5) | Залужение с биопрепаратом на основе бактерий <i>Pseudomonas</i> |
| | | Примитивные песчаные почвы с кислой реакцией (pH<5.5) | Залужение с известкованием |
| Откосы карьера минерального грунта | Дренажные, не обводненные участки Поверхности склонов (крутизна не более 12°) | Примитивные песчаные | Биополимер Ксантан + отработанный буровой раствор |
| | | | Биомат, на участках, закрепленных георешеткой |
| | Дренажные, не обводненные участки Поверхности склонов (крутизна более 12°), закрепленные георешеткой | | Биополимер Ксантан + отработанный буровой раствор, на участках закрепленных георешеткой |
| | | | Гранулированный посев на эрозионно-опасных песчаных почвах, на участках, закрепленных георешеткой |
| Разъезды техники | Участки с умеренным увлажнением | Тундровая элювиально-глеявая торфянистая | Залужение с минеральным удобрением |
| | | | Гранулированный посев |
| | | | Залужение с минеральным удобрением и известкованием (pH<5.5) |
| Площадка скважины | Дренажные равнины, участки с умеренным увлажнением | Тундровая элювиально-глеявая торфянистая почва. Почвы со слабокислой и нейтральной реакцией почв (pH>5) | Залужение с ауксином |
| | | | Залужение с гуматом |
| | | Примитивные песчаные | Залужение с минеральным удобрением |
| | | | Гранулированный посев |

— на равнинных участках с примитивными песчаными почвами хороший эффект достигнут при залужении в сочетании с использованием гуминовых препаратов (таких как гумат натрия и «Росток»), биопрепарата на основе бактерий *Pseudomonas*. Биологические препараты интенсифицируют рост корневой системы и наземной биомассы растений, повышают сохранность посевов, в том числе и в условиях переувлажнения. Плотная дернина повышает эрозионную устойчивость песчаных грунтов, предотвращает размывы поверхности. Применение биологических препаратов позволяет проводить залужение без внесения минеральных удобрений;

— на почвах легкого гранулометрического состава (пески, супеси, легкие суглинки), а также на больших площадях нарушенных территорий (более 4 га), необходимо осуществлять механизированный посев травосмесей с целью предотвращения выдувания и вымывания семян с почвенной поверхности. На сложных участках местности (откосы, разъезды техники) наибольший положительный эффект достигается при ручных способах посева травосмесей;

— нормы высева травосмесей необходимо корректировать с учетом типа почвы и условий водного режима рекультивируемого участка нарушенных земель.

Для примитивных песчаных почв, характеризующихся низким содержанием доступных для растений питательных веществ, средняя норма высева травосмесей должна составлять 150 кг/га. На участках с уклоном поверхности от 5° норма высева травосмесей должна составлять не менее 200 кг/га. Минимальная норма высева 100 кг/га рекомендуется для участков с тундровыми торфянистыми почвами, обладающими высоким потенциалом самовосстановления;

— сроки проведения работ определяются временем схода снежного покрова, периодом установления положительных среднесуточных температур, общей продолжительностью вегетационного сезона.

Для проведения мероприятий по рекультивации земель на полуострове Ямал можно рекомендовать следующие сроки:

1) первая–вторая декады июля — оценка территории, составление плана работ и проведение работ технического этапа;

2) вторая–третья декады июля — биологический этап (залужение);

3) вторая декада августа — контроль и оценка качества работ;

4) третья декада августа — уход за посевами.

По итогам экспедиций получены патенты [патент РФ № 2430021/27.09.2011; патент РФ № 2449001/27.04.2012; патент РФ № 2502569 Э 27.12.2013; патент РФ № 2503511/10.01.2014], разработаны нормативные документы ПАО «Газпром» [СТО Газпром 2-1.19-621-2011; Р Газпром 2-1.19-699-2013; Р Газпром 12-1-006-2014], позволяющие учитывать результаты исследований в проектной документации и распространять положительный опыт на другие территории освоения месторождений углеводородного сырья на полуострове Ямал.

Экологическая и социальная эффективность выполненных работ находятся в тесной взаимосвязи, проведенные работы обеспечивают двойной эффект, способствуя минимизации негативных воздействий промышленного освоения территории и восстановлению природных ландшафтов и пастбищных угодий для оленеводства.

БИБЛИОГРАФИЯ

Патент РФ № 2449001/27.04.2012. Способ рекультивации нарушенных земель.

Патент РФ № 2430021/27.09.2011. Способ очистки окружающей среды от углеводородных загрязнений.

Патент РФ № 2502569 Э 27.12.2013. Способ очистки почвы от углеводородных загрязнений.

Патент РФ № 2503511/10.01.2014. Способ очистки земли от загрязнений нефтепродуктами.

Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Листов Е. Л., Будников Б. О., Наполов О. Б., Унанян К. Л. Геоэкологические аспекты добычи и транспорта газа на полуострове Ямал. М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2014. 278 с.

Р Газпром 12-1-006-2014. Приемы и способы предупреждения и предотвращения деградации ландшафтов осваиваемых территорий Крайнего Севера.

Р Газпром 2-1.19-699-2013. Методы оценки и предупреждения опасных проявлений эрозионных процессов при обустройстве и эксплуатации объектов добычи и транспорта газа на полуострове Ямал.

СТО Газпром 2-1.19-621-2011. Правила и требования к организации работ по рекультивации земель (почв) при их загрязнении в результате деятельности производственных объектов ОАО «Газпром».

IMPROVEMENT OF RECLAMATION TECHNOLOGIES OF DISTURBED AND CONTAMINATED LANDS ON HYDROCARBON FIELDS OF THE FAR NORTH

The article considers the issues of reducing the negative anthropogenic environmental impact against the background of Yamal Peninsula deposits development. Special attention is paid to adaptation of technologies of biological reclamation and soil clean-up of hydrocarbons. The proposed advanced reclamation technologies for different types of landscapes and anthropogenic disturbances are based on using specially selected grass mixtures, fertilizers, chemical and biological agents (sodium humate, auxins, xanthan gum, geotextiles, biologies, etc.).

Keywords: deposits, hydrocarbons, Far North, Yamal Peninsula, disturbed and contaminated lands, hazard exogenic processes, technologies of reclamation.

ЭКОЛОГО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА «БОВАНЕНКОВО–УХТА» НА ЯМАЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

В работе представлены результаты экологического и геокриологического обследования магистрального газопровода «Бованенково–Ухта» на Ямальском полуострове, проложенного подземным способом в 2009–2013 гг. и находящегося сегодня в эксплуатации.

В соответствии с физико-географическим районированием, обследуемый береговой участок трассы расположен в Ямальской провинции тундровой зоны, в административном отношении территория находится в Ямальском районе (центр — п. Яр-Сале) Ямало-Ненецкого автономного округа.

Территория характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых грунтов.

Натурные обследования Ямальского участка магистрального газопровода позволили сделать сравнительный анализ качества строительства обратной засыпки траншеи и выявить места, где проявление криогенных процессов наиболее опасно.

Задачами исследований явились выявление и сравнительный анализ наиболее опасных участков, к которым могут быть приурочены повышенные риски аварийности при эксплуатации магистрального газопровода в промерзающих-протаивающих грунтах (заболачивание, размывы обратного валика, оврагообразование и др.); наблюдение за развитием опасных криогенных процессов (термокарст и др.), термометрические измерения в скважинах и др.

Ключевые слова: *полуостров Ямал, криолитозона (вечная мерзлота), сезонно-талый слой, магистральный газопровод «Бованенково–Ухта», опасные криогенные процессы, экологический и геокриологический мониторинг, термометрические скважины, пространственное положение трубопровода.*

Для обеспечения транспортировки ямальского газа в период до 2030 г. планируется создание уникальной, не имеющей аналогов в России, газотранспортной системы нового поколения. Ямальский газ сегодня транспортируется по двум ниткам магистрального газопровода (МГ) в направлении Ямал–Ухта протяженностью около 1 100 км (рис. 1). Технологической схемой системы МГ «Бованенково–Ухта», на ямальском участке, от Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) до компрессорной станции (КС) «Байдарацкая», введено в эксплуатацию две нитки газопровода диаметром 1 420 мм с рабочим давлением 11,8 МПа (120 кгс/см²).

На подводном переходе через Байдарацкую губу проложено еще 2 резервные нитки МГ. Таким образом по дну губы и на береговых участках подводного перехода, от крановых узлов на Ямале до крановых узлов на Урале, пролегают целых 4 нитки газопровода, по которым газ транспортируется с положительной температурой около +4 °С.

Данная территория характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Мощность ММГ на морских террасах составляет порядка 200–400 м, на участках пойм крупных рек уменьшается до 100–150 м. Мерзлота преимущественно сливающегося типа. Встречающиеся несквозные талики и талые грунты приурочены к руслам рек и крупным озерам.

По составу грунты представлены всеми литологическими разностями (песками различной крупности, супесями, суглинками и глинами), на поверхности часто перекрытыми торфом мощностью от 0,1 до 0,5 м. По степени засоленности встречаются средне-, слабо- и незасоленные грунты.

Глубина сезонного оттаивания грунтов на участках с торфами, в хасыряях и логах составляет 0,3–0,5 м; на участках, сложенных на поверхности песками и суглинками — 0,5–1,2 м; на вершинах холмов — 1,5–2,0 м. На территории прохождения МГ широко развиты

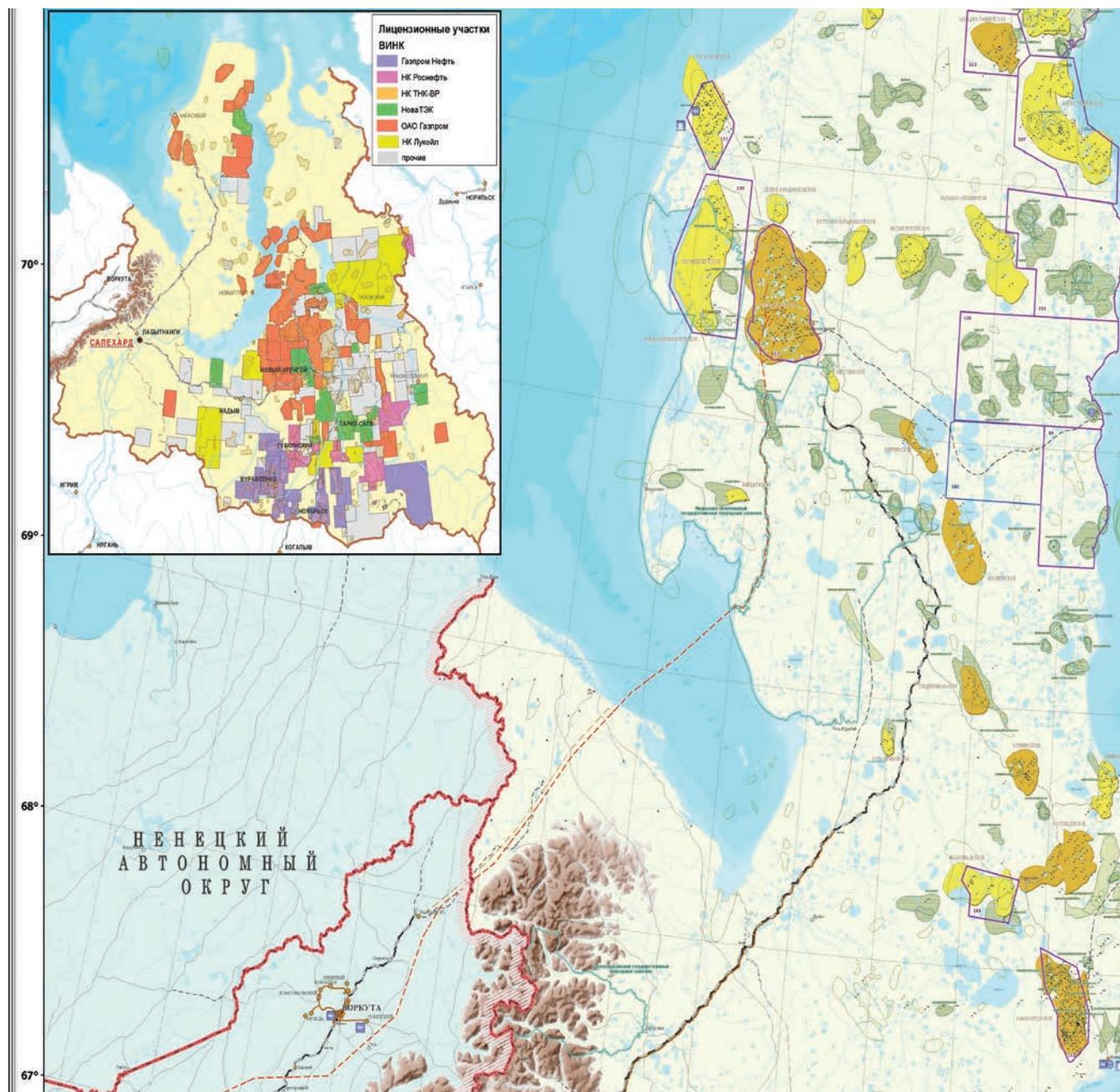


Рис. 1. Фрагмент карты недропользования по углеводородному сырью ЯНАО. ОАО «СИБНАЦ», 2009 г. Магистральный газопровод «Бованенково–Ухта» (красная пунктирная линия)

различные криогенные процессы, такие как пучение, термокарст, термоабразия, термоэрозия и др.

Эколого-геокриологическое обследование МГ «Бованенково–Ухта» на п-ове Ямал проводится ежегодно, начиная с 2009 г., в летний и осенний периоды, когда мощности сезонно-талого слоя (СТС) максимальны. Проводимые на Ямале авторами статьи полевые работы вдоль трассы МГ, осуществлялись при поддержке специалистов технического надзора компании ООО «Газпром трансгаз Ухта», на вездеходах «ТРЭКОЛ», в ходе пеших маршрутов, а также посредством вертолетных облетов. Авторы выражают благодарность и признательность руководству ООО «Газпром трансгаз Ухта» за всестороннюю поддержку во время экспедиционных работ.

Эколого-геокриологическое обследование трубопровода включало в себя выявление и картирование опасных геокриологических процессов и явлений, точную привязку этих мест и пикетов МГ по GPS-приемнику (WGS 84) с фотосопровождением, замеры глубин промерзания грунта обратной засыпки траншеи и прилегающей нетронутой части тундры.

В задачи исследования входило выявление наиболее опасных участков, к которым могут быть приурочены повышенные риски аварийности при эксплуатации МГ в промерзающих-протаивающих грунтах (заболачивание, размывы обратного валика, оврагообразование и др.); их сравнительный анализ; наблюдение за развитием опасных криогенных процессов (преимущественно термокарст) и др.



Рис. 2а, 2б. Размыв и подтопление валика обратной засыпки газопровода на Ямале

ЗАТОПЛЯЕМЫЕ УЧАСТКИ ТЕРРИТОРИИ, РАЗМЫВЫ ОБРАТНОГО ВАЛИКА НА ТРАССЕ ГАЗОПРОВОДА

На всем протяжении трассы МГ наблюдается разрушающее воздействие на материал обвалования трубы атмосферных (дождевых) и паводковых (талых) вод. Это выражается в разрушении (размыве) обратного валика МГ. Процесс этот проявляется практически повсеместно и действует независимо от качества строительства.

На обследуемой части газопровода — Ямальский берег Байдарацкой губы — обширные участки затопляемые водой (хасыреи, разливы рек и др.), по оценкам авторов, составляют до 30 %. Во время полевых исследований были зафиксированы места, где данные процессы и явления приводят к разрушению обратного валика (полностью или частично). Отмечается, что размывы обратной засыпки траншеи МГ чаще приурочены к естественным понижениям рельефа (рис. 2а, 2б).

ОВРАГООБРАЗОВАНИЕ

Образование оврагов вдоль трассы МГ, размывы грунта на кромках обратной засыпки траншеи отме-

чаются на повышенных участках рельефа, приуроченные к водоразделам, крутым склонам долин рек и ручьев (угол наклона $>5^\circ$). Данные участки слагают такие осадочные породы, как мягкопластичные и слабодыстые суглинки, мелкозернистые песчаники и пылеватые пески с высокой степенью водонасыщения. Такие горные породы легко впитывают воду и трудно ее отдают, и, как следствие, имеют свойство полностью вымываться под действием водных потоков. Развитие процессов оврагообразования, даже в рамках одного летнего сезона происходит очень быстрыми темпами.

На рисунках 3а и 3б изображены участки, где трасса МГ пересекает ручей, на склоне которого идет развитие оврага, глубина размыва здесь составляет около 2 м. Развитие таких опасных криогенных явлений ведет к необратимым процессам растепления мерзлых пород, что приводит к интенсивному разрушению обратной засыпки трубопровода. Может появиться вероятность того, что вода начнет поступать в тело траншеи. Все это чревато опасными ситуациями при эксплуатации МГ.



Рис. 3а, 3б. Оврагообразование вдоль трассы газопровода. Ямал, 2013 г.



Рис. 4а, 4б. Развитие антропогенных термокарстовых воронок вдоль трассы МГ. Ямал — сравнительный анализ одного и того же места 2009 и 2010 гг.

КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (ТЕРМОКАРСТ)

Наиболее яркое проявление криогенных процессов на трассе МГ представлено в виде термокарста. Особенно в местах, где распространены торфяники, залегающие на мерзлых грунтах. В зимний период, когда здесь велось строительство траншеи, взрывными работами была нарушена прилегающая к трассе МГ нетронутая часть тундры. В результате, вдоль трассы образовалась воронка значительного диаметра (до 20 м), которая отчетливо видна на рисунках 4а, 4б. Через год, с наступлением весны, такие участки заполнились тальми и сточными водами, что привело к растеплению мерзлых грунтов, появлению новых воронок и увеличению ареала старых. Если не принимать меры по устранению антропогенных термокарстовых воронок, то развитие этих процессов может привести к попаданию воды в тело траншеи.

Важно отметить, что на сложных геокриологических участках, которые маркируются летом, строителями (ОАО «Ленгазспецстрой», СМУ-6) в зимний период регулярно производятся работы по «подсыпке» валика привозным грунтом, оборудуются или переносятся дополнительные водопропуски в местах подтоплений линейной части МГ. Необходимо отметить, что в целом, общее состояние обратного валика на Ямальском участке можно признать как удовлетворительное, эксплуатация трубопровода непрерывно контролируется техническим надзором ООО «Газпром трансгаз Ухта».

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТРАССЫ МГ НА ЯМАЛЕ

1. В летний период обозначать места скопления природных вод вдоль МГ (установка вешек, отметка по GPS и т. д.).

2. В зимнее время, когда разрешено производить строительные работы на трассе МГ, обустраивать валик обратной засыпки траншеи специальными дополнительными водопропусками в местах, где происходит скопление талых и сточных вод.

3. Не оставлять на трассе МГ не засыпанные котлованы, воронки в местах установки километровых столбов и пикетов.

4. Для защиты береговых участков водотоков от эрозии на площади нарушенного при строительстве естественного растительного покрова необходимо закрепление поверхности георешеткой с заполнением ячеек щебнем мелких фракций от уреза воды до уровня высоких вод и торфо-грунтовой смесью с посевом трав выше уровня высоких вод, что предусмотрено проектом строительства МГ.

5. По возможности, на сложных криогенных участках выполнять засыпку трубопровода с нахлестом на прилегающую ненарушенную территорию тундры, что будет препятствовать образованию водотоков вдоль траншеи, позволит снизить риски протаивания и развитие нежелательных процессов растепления криолитозоны в слабой зоне — верхней кромке котлована.

6. Для поверхностного укрепления грунтов обратной засыпки и грунтов естественного сложения, на прилегающей территории с нарушенным в процессе строительства почвенно-растительным покровом, рекомендовать укрепление поверхности грунтов биоматами или георешетками, заполненными торфо-грунтовой смесью. Возможно совместное применение биоматов и георешеток.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЯМАЛЬСКОГО БЕРЕГОВОГО УЧАСТКА ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ЧЕРЕЗ БАЙДАРАЦКУЮ ГУБУ

Байдарацкая губа расположена между Югорским полуостровом и п-овом Ямал, являясь одним из наиболее крупных заливов Карского моря в его юго-западном секторе, и вытянута с северо-запада на юго-восток.

Строительство подводного перехода МГ «Бованенково–Ухта» через Байдарацкую губу, в том числе сухопутных участков на Уральском и Ямальском берегах,

осуществляла генподрядная организация ООО «Межрегионтрубопроводстрой».

Переход МГ через Байдарацкую губу включает сухопутные участки на Ямальском и Уральском берегу, а также подводный морской участок, состоящий из двух основных и двух резервных ниток наружным диаметром 1 219 мм и рабочим давлением в трубопроводе 11.8 Мпа. Трасса перехода пролегает в центральной части губы от п-ова Ямал (южнее залива Лыхты Паха, в районе впадения в губу р. Яра) до выхода на берег к северо-западу от острова Левдиев (рис. 1). Максимальная глубина моря по трассе составляет 23 м.

За начало морского перехода со стороны Ямала принят ПК 0 (в 168 м для 1-й нитки и 237 м для 2-й нитки от площадки южных охранных кранов КС «Байдарацкая»). Протяженность морского перехода ~70,8 км, из которых подводная часть составляет ~66,8 км, прибрежные участки ~4 км.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по договору с ПАО «Газпром», специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (г. Салехард), в 2014–2015 гг. проводился детальный мониторинг Ямальского берегового участка Байдарацкой губы, от площадок крановых узлов до коффердамов¹, который был направлен на решение следующих основных задач:

— уточнение ландшафтного районирования по трассе МГ;

— выделение и описание ключевых участков, представляющих опасность в плане проявления криогенных процессов и явлений;

— определение положения МГ с помощью трассоискателя, оценка текущей глубины заложения с определением GPS/ГЛОНАСС координат определяемых точек, привязка к пикетажу МГ;

— замеры оттаивания ММГ, определение СТС как на валике газопровода, так и на прилегающих фоновых участках, в нетронутых частях тундры;

— определение профиля температуры в точках установки термокос.

Для решения основных задач, на Ямальском береговом участке подводного перехода через Байдарацкую губу был выполнен целый ряд сопутствующих пунктов:

— определение текущего пространственного положения ниток газопровода с помощью трассоискателя RD 8000 и топографо-геодезических работ с применением приемников «Javad Triumph-1»;

— снятие показаний логгеров, установленных в термоскважинах 1, 2, 3 и 4-й ниток МГ в период их строительства в 2013 г.;

— определены и обоснованы ключевые участки МГ, требующие последующего наблюдения и изучения в рамках выделенных ландшафтов;

— оценка текущего состояния валика обратной засыпки 1, 2, 3 и 4-й ниток МГ;

— проведение замеров сезонного оттаивания ММГ;

— отбор проб грунта для исследования в лаборатории.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЛЬЕФ

Побережье Байдарацкой губы на участках перехода представляет собой террасированную прибрежно-морскую аккумулятивно-абразионную равнину, сложенную верхнеплейстоценовыми и голоценовыми отложениями морского, прибрежно-морского, аллювиально-морского и озерно-болотного генезиса.

Основные черты современного рельефа территории, где проходит трасса МГ, сформировались в доплиоценовое время. В плиоцене и среднем неоплейстоцене вся площадь неоднократно покрывалась водами арктического бассейна, в котором накапливались морские и ледово-морские отложения. В конце среднего неоплейстоцена территория вышла из-под уровня моря. В континентальный этап развития поверхность подвергалась размыву и выработке новых эрозионных врезов (формирование террас), часть которых наследует ранее выработанные. В настоящее время под действием денудации (криогенез, эрозия) продолжается дальнейшее моделирование суши.

Сухопутные участки МГ расположены в прибрежной зоне Байдарацкой губы, значительная часть территории которых периодически затапливается морскими водами, либо занята водотоками, водоемами и болотами.

Территория Ямальского берегового участка по инженерно-геокриологическим условиям вдоль трассы газопровода может быть типизирована по 7 типам местности (отчет ОАО «ВНИПИГаздобыча», Саратов, 2008):

— плоские ровные поверхности в пределах I морской террасы;

— склоны крутизной 1,5–6° в пределах морской террасы;

— крупные озерные котловины на поверхности морской террасы;

— долина оврага;

— морская приливная лагуна;

— плоская ровная поверхность высокой лайды и бара;

— участки пляжа и морского мелководья до глубин 2,5 м.

Для Ямальского участка берегового перехода, как и для большей части территории п-ова Ямал, характерна ступенчатость рельефа. Примерно половину площади участка занимает I морская терраса плейстоцен-голоценового возраста, остальная половина представлена низким уровнем современной морской террасы — лайды, а также древнего берегового бара и пляжа (рис. 5).

¹ Коффердам — многофункциональное шпунтовое сооружение, представляет собой классическое волноотбойное гидротехническое устройство из профильного проката, забиваемого в грунт мелководной зоны.



Рис. 5. Ямальский береговой участок подводного перехода МГ через Байдарацкую губу. Вид на север, июль 2013 г.

Первая морская терраса имеет высотные отметки порядка 4–8 м и занимает северо-восточную часть трассы МГ. Поверхность террасы неровная, осложнена обширными озерными котловинами в разных стадиях развития — от спущенных хасыреев с отмирающими заболачивающимися озерами до молодых озер, только начинающих термокарстовое преобразование поверхности. Кроме того, поверхность террасы расчленяется отдельными долинами мелких водотоков с глубиной вреза до 2–3 м и относительно пологими бортами. Морская терраса выраженным уступом опускается к уровню лайды. Поверхность уступа осложнена разновысокими (3–6 м) останцами.

В пределах обширной лайды, занимающей центральную и юго-западную часть участка берегового перехода, четко выделяются низкий и высокий уровни. Низкая лайда имеет высоту равную (или чуть ниже), чем средний уровень моря. Вся низкая лайда в пределах Ямальского участка перехода находится в зоне суточного приливного затопления и большую часть времени представляет собой обширный мелкий водоем с морской водой. Осушение этой площади происходит в летнее время на короткие периоды раз в несколько дней лишь при совместном воздействии отлива и ветрового сгона.

Высокая лайда развита в полосе шириной 200–400 м между приливной лагуной р. Нявтарка и береговым песчаным баром. Кроме того, высокая лайда занимает острова на юге морской лагуны. Северное обрамление лагуны в районе впадения в нее многорукавного русла р. Нявтарка и узкую полосу между восточным берегом лагуны и уступом I морской террасы.

Поверхность высокой лайды плоская с большим количеством относительно мелких озер различной величины, постоянных и временных водотоков. Форма озер крайне разнообразная, как сильно вытянутая, так и изометричная, зачастую соседние озера разделяют грунтовые перемычки шириной менее 0,5 м. На дне озер залегает глинисто-иловый слой, вода в большинстве озер солоноватая. Коэффициент заозеренности на некоторых участках высокой лайды превышает 50 %. Малые водотоки имеют чрезвычайно высокую густоту сети, в период весенне-летних максимальных расходов могут создавать практически сплошное водное зеркало (отчет по Инженерно-геологическим изысканиям ООО «Питер Газ», главный инженер проекта А. Р. Меликян. Москва, 2008).

Береговой бар ориентирован меридионально, вдоль берега моря, имеет ширину 70–100 м и абсолютную высоту 1,2–1,6 м. Это ровная плоско-выпуклая сухая песчаная поверхность, на большей части площади лишенная растительного покрова или покрытая травянисто-злаковой растительностью и разреженными кустарничками. Поверхность от вершины бара с одной стороны плавно понижается в сторону суши и переходит в периодически затопляемую нагонами высокую лайду, с другой стороны — к обширному пляжу и осушке.

Пляж представляет собой ровную слабонаклонную песчаную поверхность, которая подвержена приливным и нагонным затоплениям, а также волноприбойному воздействию моря.

Расположенные здесь инженерно-строительные объекты, в виде двух коффердамов и подъездных к ним автодорог, после рекультивации органично «вписались» в современный ландшафт территории.

СУХОПУТНЫЙ УЧАСТОК ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА

В пределах Ямальского сухопутного участка морского перехода грунты СТС по своему составу разнообразны — пески, супеси, суглинки, торф. Песчаные грунты встречаются в пределах почти всех геоморфологических уровней. По составу пески преимущественно мелкие и пылеватые, однородные по разрезу, хорошо сортированные, на заболоченных и неравномерно дренированных поверхностях, в разной степени оторфованы. Иногда в песчаных грунтах отмечаются тонкие прослойки и линзы супеси и суглинка.

Важнейшими природными факторами, влияющими на глубину сезонного протаивания грунтов, являются состав и влажность отложений, а также характер растительного покрова.

Изменение глубин СТС в зависимости от их литологического состава, общеизвестно: минимальные глубины оттаивания свойственны торфяным грунтам, максимальные — песчаным. Применительно к условиям района строительства береговых переходов эта закономерность выглядит следующим образом: на участках без растительного покрова глубина оттаивания в песках (при минимальной влажности) достигает более 1,4 м; в торфах — 0,8 м. При наличии растительного покрова различия в глубинах оттаивания сокращаются тем больше, чем толще напочвенный покров и значительнее влажность грунтов.

Растительность, в первую очередь толщина мохово-лишайникового или торфяно-мохового покрова, оказывает существенное воздействие на глубины оттаивания. На участках, где минеральные грунты перекрыты мохово-лишайниковым покровом мощностью более 15 см, глубина СТС близка к наблюдаемому в торфах.

Различия в глубинах сезонного оттаивания на территориях без растительного покрова и участках, где имеется напочвенный покров толщиной 0,1 м, в супесях составляет — 0,5–0,7 м и в песках, при той же влажности — 0,6–1,0 м. При увеличении толщины напочвенного покрова от 0,1 до 0,2 м глубина сезонного оттаивания уменьшается в суглинках и супесях приблизительно на 0,15–0,25 м, в песках — на 0,3–0,6 м.

Фоновые для Ямальского района глубины СТС укладываются в диапазон 0,7–1,5 м, они характерны для занимающих значительную площадь трассы склонов террас и равнин, плоских неравномерно дренированных участков междуречий морских и речных террас пойм и хасыреев. В местах локальных водоемов, озер, речек и лайды СТС более 2 м.

Таким образом на рассматриваемом Ямальском берегу трасса газопровода пересекает 3 водоема, один из которых, самый большой, ориентирован субмеридианально вдоль русла правого притока р. Яра-Яха, р. Нявтарка. Другие находятся на морских террасах и представляют собой постоянно существующие озера с глубинами от 0,5 до 1,5 м.

Берега крупных озер и лайды р. Нявтарка в местах подводных переходов МГ укреплены бетонными матами. Повсеместно заметно проседание грунтов и вместе с ним матов (до 0,6 м). Под воздействием соленой воды и перепадов температур имеет место разрушение материала бетонных матов от частичного до полного.

КОФФЕРДАМ НА ЯМАЛЕ

Наличие коффердама снижает объемы земляных работ за счет ликвидации замыва траншеи. По окончании строительства коффердам защищает трубопровод от волнового и отчасти ледового воздействия. Конструкция состоит из 4-х шпунтовых стенок и волноотбойной стенки шириной 55 м. Общая длина шпунта — 12 м.

Береговые линии Байдарацкой губы подвержены ледовой экзарации, обладают высокой способностью к смене конфигурации, которая усугубляется техногенным воздействием при строительстве. В связи с этим целесообразно сохранение коффердамов в качестве постоянного берегозащитного укрепления, которое послужит основой для берегозащитной системы в целом. Побочным эффектом сохранения коффердамов следует считать перенаправление береговых течений вглубь губы, создание затишных зон, где будет происходить аккумуляция осадков. На рисунке 5 видно, как с левой стороны коффердамов (на юг, по ходу газа) происходит накопление песчаных наносов.

Протяженность шпунтовых стенок коффердамов составляет 185 м. Превышение коффердама над средним уровнем моря составляет 0,2 м.

Визуально, состояние коффердамов определено как исправное. Средняя часть служит подъездной дорогой, выполнена в виде насыпи из крупного щебня высотой 2,5 м. Боковые уклоны уложены бетонными плитами. Швы гидроизолированы битумной мастикой.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТРУБОПРОВОДА

Определение текущего пространственного положения ниток магистрального газопровода производилось с помощью трассоискателя RD 8000 компании Radiodetection и топографо-геодезических работ с применением приемников «Javad Triumph-1».

Система RD 8000 представляет собой семейство локаторов кабелей и трубопроводов, являющихся быстроедействующими и эффективными средствами локализации и картирования подземных инженерных сетей. Система RD 8000 включает в себя 2 приемника и 3 генератора с выходной мощностью в 1, 3 или 10 ватт.

Определение глубины заложения трубопровода проводится при прямом подсоединении, когда активные частоты подводятся непосредственно к трубопроводу при использовании генератора. Подключение осуществляется в местах установки стоек контрольно-измерительных пунктов (СКИП), к контактным выводам (рис. 6а, 6б).

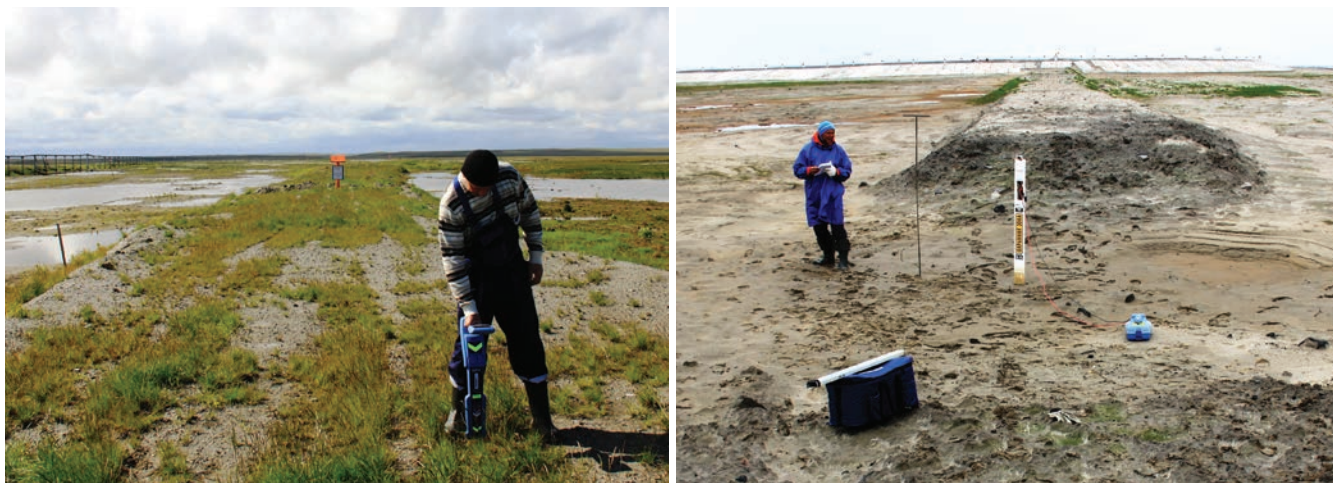


Рис. 6а, 6б. Замеры глубины заложения ниток магистрального газопровода трассоисковой системой RD 8000 компании Radiodetection

Генератор подводит дискретный сигнал к трубопроводу, который локализуется при использовании приемника. Этот метод обеспечивает получение наилучшего сигнала в индивидуальной линии и позволяет использовать более низкие частоты, которые можно отслеживать на более протяженных расстояниях. Локатор RD 8000 может измерять глубину подземных проводников вплоть до 6 м. Измерение глубины происходит до центра трубопровода. Наилучшие показания получаются от сигналов, получаемых с помощью генератора, а не от пассивных источников.

Газопровод уложен подземным способом, и практически повсеместно повторяет рельеф местности. Заглубление трубы предусматривается до верха балластирующего покрытия газопровода, не менее: 1,0 м — в ММГ и обводненных минеральных грунтах; 0,6 м — в болотистой местности.

Минимальная глубина заложения до верха балластирующего покрытия газопровода определена — 1,1 м. На Ямальском береговом участке в местах пересечения озера 1-й и 2-й нитками МГ — минимальная глубина заложения, на остальных участках колеблется от 1,5 до 2,5 м.

На Ямальском береговом участке построены продольные профили по всем 4 ниткам, вдоль простира-

ния газопровода с севера на юг, которые показывают вертикальное положение трубопровода относительно дневной поверхности и валика обратной засыпки траншеи МГ. В результате съемки координат и замеров глубины заложения МГ, на рисунке 7 показан один из таких профилей, построенный по 4-й нитке Ямальского берегового участка, от площадки крановых узлов на севере, до коффердама и берега Байдарцкой губы в южной части обследуемого участка. Здесь видно, что трубопровод повсеместно находится ниже уровня открытой поверхности на 2 м и более, а валик обратной засыпки находится в хорошем состоянии, мало подвержен разрушению (высота около 1 м). И только в южной части обследуемого участка, на территории, где газопровод пролегает по часто затапливаемой лайде р. Нявтарка, обратная засыпка сильно «просела» и частично размыта. В местах, обозначенных пунктиром, трубопровод проложен под руслом реки, здесь определение глубины его заложения не проводилось.

На рисунке 7, по оси X указано расстояние в метрах с севера на юг, по оси Y — абсолютная отметка той или иной поверхности: валика, газопровода и поверхности земли.

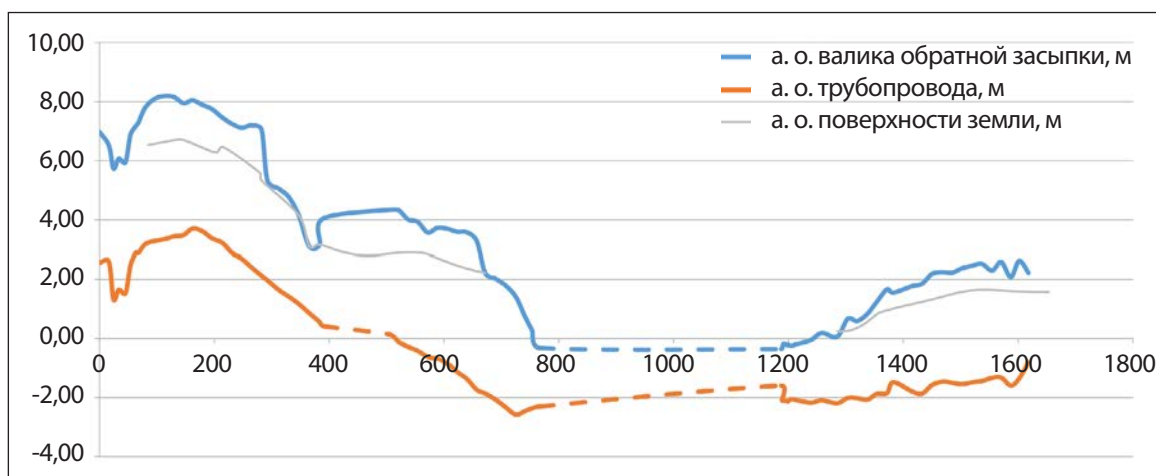


Рис. 7. Положение МГ и валика обратной засыпки относительно поверхности земли. Ямальский берег, 4-я нитка

Визуально, общее состояние валика обратной засыпки траншеи на 3-й и 4-й нитках газопровода значительно лучше, чем на нитках 1-й и 2-й. Обратная отсыпка здесь заметно выше, повсеместно проведена рекуль-

тивация, уложены биоматы, посеяна трава. Отмечается также частое укрепление поверхности щебнем и бетонными матами вдоль трассы МГ, особенно в местах пересечения мелких водотоков (рис. 8, 9).

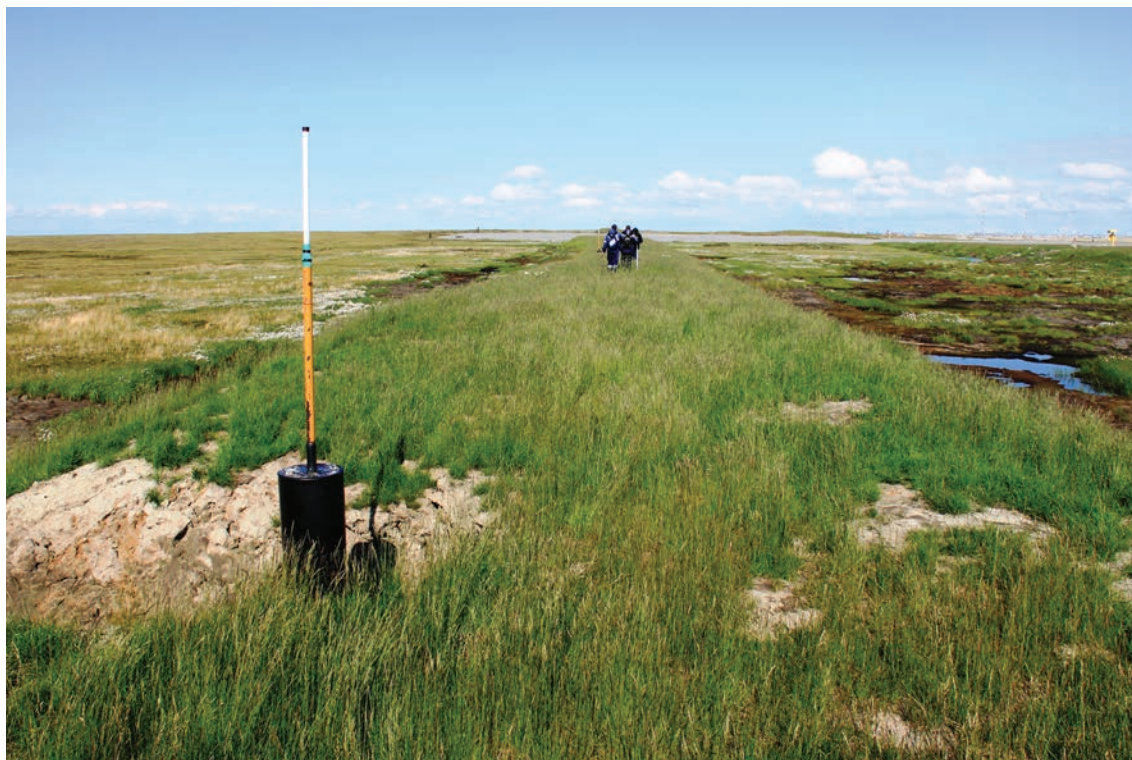


Рис. 8. Образцовый участок МГ на Ямальском берегу после рекультивации с укладкой биоматов и посева травы. 4-я нитка, июль 2015 г.



Рис. 9. Участок МГ на Ямальском берегу с уложенными бетонными матами. 2-я нитка, июль 2015 г.

**СНЯТИЕ ПОКАЗАНИЙ
ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ СКВАЖИН**

В Проекте «Система магистральных газопроводов "Бованенково–Ухта". Переход через Байдарацкую губу», разработанного ОАО «ВНИПИгаздобыча» и ООО «Питер Газ» в 2008 г. (гл. инженер проекта А. Р. Меликян. Москва, 2008), создана система геотехнического мониторинга с целью контроля состояния и разработки оперативных стабилизационных технических управляющих решений (ТУР) при возникновении отклонений от проектного режима.

Основная цель — обеспечение надежности оснований и фундаментов газопромысловых объектов посредством осуществления постоянного инструментального контроля за динамикой геокриологических условий грунтов оснований и устойчивостью трубопроводов и своевременного принятия оптимальных управляющих решений.

На основе данных геотехнического мониторинга производится управление природно-геотехническими системами (ГТС).

Дополнительная цель — накопление опыта строительства и эксплуатации в особо сложных геокриологических условиях для реализации последующих проектов.

В задачи геотехнического мониторинга входят: своевременное установление в процессе эксплуатации

сооружений отклонений от принятых в проекте параметров температурного режима и состояния грунтов, несущей способности и деформаций оснований, а также слежение за развитием опасных геокриологических процессов на площадке строительства, которые могут значительно повлиять на надежность трубопровода. В отличие от инженерно-геологического мониторинга, задачи геотехнического мониторинга имеют строгую направленность на обеспечение промышленной безопасности конкретного инженерного сооружения.

Контроль температурного состояния грунтов оснований трубопроводов и вмещающих грунтов осуществляется с помощью термометрических скважин, установленных вдоль трубопроводов на расстоянии около 1 м от трубопровода. Измерение температур должно выполняться в соответствии с ГОСТ 25358-82.

Термометрические скважины (ТС) расположены в местах, где предполагается развитие деструктивных геокриологических процессов, которые могут существенно влиять на состояние ГТС. Глубина ТС определена в 11 м. Интервал установки термометрических датчиков в ТС — 1 м (всего 10 датчиков на одну ТС).

На 1-й и 2-й нитках установлены термоскважины из стальных труб диаметром 57 мм. Логгер крепится к петле крышки и дополнительно фиксируется стальным тросиком, исключая возможное падение в скважину (рис. 10).



Рис. 10. Снятие показаний термометрических скважин во время полевых работ на Ямале, июль 2015 г.

В качестве первичных датчиков контроля температуры используются элементы чувствительные медные с характеристиками преобразования по ГОСТ Р 6651-94 термопреобразователи сопротивления. Системы контроля температуры поставляются готовыми термометрическими косами с заданными интервалами установки датчиков. В термометрических скважинах датчики устанавливаются через 1 м (10 датчиков в косе).

Все основные температурные измерения выполняются в автоматическом режиме, комплектами специализированной аппаратуры. Обработка, накопление и управление режимом опроса обеспечивается применением аппаратуры типа Логгер.

На логгерах накапливается информация по температуре, которая автоматически снимается ежедневно с каждого из 10 датчиков в 2 часа ночи. Для передачи данных на компьютер необходимо кабельное соединение с логгером. Для этих целей необходимо отвернуть крышку ТС, достать логгер. Присоединить логгер к компьютеру при помощи кабеля и опросить его (рис. 10).

На 3-й и 4-й нитках береговых участков подводного перехода установлены ТС из стальных труб диаметром 57 мм с модемом «Глобалстар», не требующим непосредственного демонтажа (монтажа) крышки скважины. Опрос логгеров проводится при помощи компьютера по технологии Bluetooth (рис. 11).

На рисунке 12 представлен график изменения температур в монолетнемерзлых породах в период

с 27.05.2013 г. по 18.07.2015 г. на Ямальском береговом участке подводного перехода, вблизи коффердама. Скважина расположена непосредственно над трубопроводом. На графике, по оси X — температура в °С, по оси Y — временной интервал наблюдений с ежедневной записью показаний температур на каждом из 10 м ТС. Различным цветом и цифрами представлена глубина в метрах, на которой происходит запись температуры в скважине.

Из графика видно, что сезонные колебания изменения температуры грунтов затухают на глубине ниже 4 м. График приобретает линейный характер. Вместе с этим можно наблюдать, что даже за сравнительно небольшой 2-летний период наблюдений, отмечается тенденция (тренд) к увеличению температур в верхней части криолитозоны. Так, например, на глубине 6 м (на графике — оранжевый цвет линии), за два года вечная мерзлота «потеплела» на 2°С. А на глубине 10 м, за тот же короткий период наблюдений, температура в ММГ повысилась на 1°С. Выявить на какой глубине происходит полное затухание температурных изменений, связанных с атмосферным влиянием, не представляется возможным, так как конструкции всех скважин рассчитаны на глубину только до 10 м.

Необходимо продолжать ежегодный термометрический мониторинг в скважинах. Только многолетние наблюдения могут служить основанием общего изменения температурного режима верхней части криолитозоны.



Рис. 11. Пример термометрической скважины с модемом «Глобалстар» на Ямальском береговом участке, июль 2015 г.

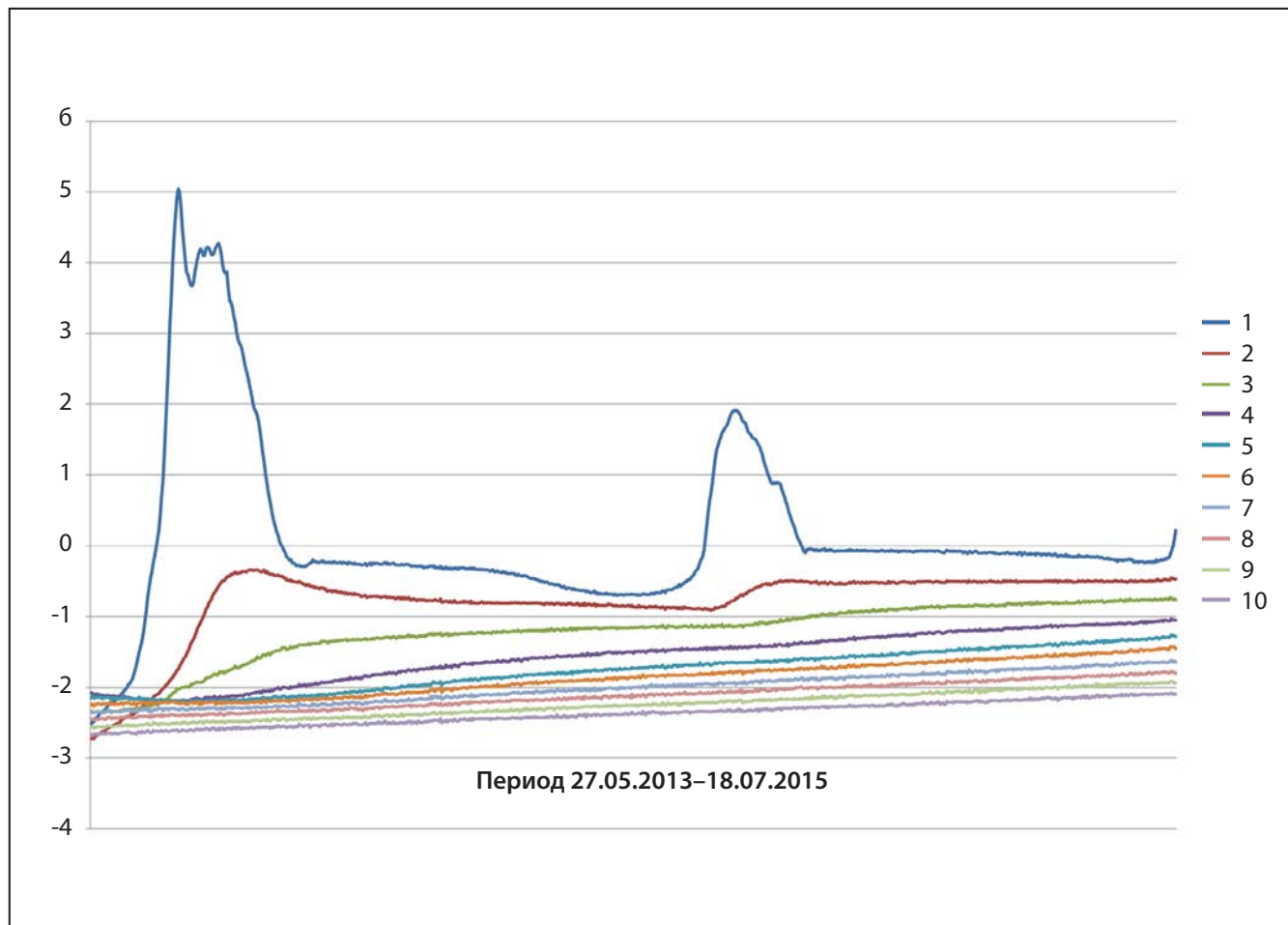


Рис. 12. График изменения температур в сезонно-деятельном слое. Термометрическая скважина на Ямальском береговом участке подводного перехода, вблизи коффердама

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натурное обследование сухопутных участков 1, 2, 3, 4-й ниток МГ на Ямальском береговом участке подводного перехода через Байдарацкую губу в 2014–2015 гг. показало в целом высокое качество строительства магистрального газопровода. На участках, где криогенная обстановка может быть напряженной (ручьи, озера, болота, запруды и др.) предусмотрены и ежегодно реализуются дополнительные меры по предотвращению развития неблагоприятных криогенных процессов на трассе МГ (георешетка с отсыпкой из щебня, бетонные маты и т. д.).

Необходимо учесть тот факт, что газ в период эксплуатации на данном участке газопровода имеет положительную температуру (около +4 °С), что, несомненно, требует более тщательного наблюдения за состоянием трубопровода и термостабилизационных процессов, протекающих в траншее и ее прилегающей части.

Замеры глубины сезонного оттаивания грунта по трассе МГ показали, что этот уровень относительно стабилен на всем протяжении исследуемого участка (СТС=1,0–1,65 м). Исключение составляют 2 участка на Ямальском берегу: пересечение трассой МГ лайды р. Нявартарка, где глубина СТС на обоих берегах у уреза воды более 2 м; пересечение подъездной автодорогой

к коффердаму 1-й нитки МГ, где растепление грунта превышает 1,9 м.

Сезонное таяние грунта ниже уровня заложения подземного трубопровода может привести к его вертикальным и горизонтальным перемещениям, что обусловлено пучением промерзающих грунтов, вызывающим в стенках трубы значительные напряжения. Величина напряжений зависит от неравномерности пучения грунта по длине трубопровода. Неравномерность — наиболее негативная особенность пучения. В природных условиях она происходит вследствие неоднородности грунтов по трассе, неравномерного распределения их влажности и плотности, неодинаковых условий промерзания и возможности притока воды к фронту промерзания.

На Ямальском береговом участке, в местах установки СКИПов, дифформационных марок, поворотных и километровых столбов, в 80 % случаев не оборудованы и не засыпаны котлованы. Небрежное исполнение валика в таких местах приводит к изменению снегонакопления, а значит и влагозапаса, что негативно сказывается при прохождении весеннего половодья.

Общее состояние валиков обратной засыпки трубопровода, культура строительства на Ямальском береговом участке характеризуются следующими особенностями:

— по всем параметрам, 1-й и 2-й нитки значительно уступают по качеству исполнения 3-й и 4-й ниткам;

— на 1-й и 2-й нитках почти на 70 % валик разрушен и сравнялся с дневной поверхностью, часто принимая форму окружающего рельефа;

— валик обратной засыпки 3-й и 4-й ниток сохранен на 80 %. Связано это не только с более высоким качеством строительства, но и, собственно, с более поздним его исполнением (2013 г.);

— по всем четырем ниткам глубина заложения верхней образующей трубы МГ в основном соответствует про-

ектной. Наименьшая глубина заложения отмечается в месте пересечения МГ озера, которое образует р. Няавтарка.

Требуются дополнительные замеры глубины в местах пересечения озер и крупных рек в зимнее время года, со льда.

Опрос логгеров проводился при непосредственном подключении логгера к компьютеру (1-й и 2-й нитки) и по технологии Bluetooth (3-й и 4-й нитки). Температурный режим большинства скважин стабильный, с трендом к повышению. В летний период наблюдается повышение температуры выше 0°.

ECOLOGICAL AND GEOCRYOLOGICAL INSPECTION OF GAS PIPELINE “BOVANENKOVO–UKHTA” ON THE YAMAL PENINSULA

The results of ecological and geocryological inspection of gas pipeline “Bovanenkovo–Ukhta” laid under the ground in 2009–2013 on the Yamal Peninsula and now being in operation are presented in the research work.

According to physical and geographic zoning, the examinee coastal land route is located in the Yamal province of tundra. In administrative terms the area is located in Yamal district (center — village Yar-Sale) of Yamal-Nenets Autonomous Region.

The area is characterized by continuous permafrost, the power of which at the marine terraces is about 200–300 m, in the areas of flood plains of large rivers it is reduced to 100–150 m. Permafrost is mainly of merging type, and non-through taliks and thawed soils are confined to the beds of rivers and large lakes.

Full-scale survey of the Yamal sector of pipeline allowed to make a comparative analysis of the construction quality of backfilling of the trench and to identify the places where the development of cryogenic processes is the most dangerous.

The objectives of the research are: the identification and comparative analysis of the most dangerous areas, to which increased risks associated with operation of the pipeline in freezing-thawing soils (waterlogging, washouts of reverse roller, gullying etc.) may be confined; monitoring of the development of dangerous cryogenic processes (thermokarst etc.), thermometric measurements in wells etc.

Keywords: *the Yamal Peninsula, cryolithic zone (permafrost), active layer, gas pipeline “Bovanenkovo–Ukhta”, dangerous cryogenic processes, ecological and geocryological monitoring and permafrost, thermometric wells, the spatial position of the pipeline.*

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОПОЧВ КАК ОСНОВА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПЛЕЙСТОЦЕНА И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Актуальность палеогеографических исследований объясняется тем, что они дают информацию не только об истории формирования и эволюции географической оболочки, но и позволяют провести долгосрочное прогнозирование ее развития в будущем. Многие палеогеографические задачи могут быть решены на основе реконструкций эволюции почвенного покрова. Особая роль палеопочвоведения в комплексных палеогеографических реконструкциях объясняется способностью почв воспринимать воздействия окружающей среды, отражать их в своих признаках и сохранять продолжительное время. Данная статья посвящена методам изучения палеопочв. В статье проанализирован опыт применения различных палеопочвенных методов с целью реконструкции природных условий плейстоцена. Представлен алгоритм проведения палеопедологических исследований, применяемый автором при реализации подобных исследований.

Ключевые слова: палеопочвы, реконструкция природных условий, экологическое прогнозирование, методология.

Палеогеография, как и палеопедология, относятся к наукам естественноисторическим, главная цель первой — реконструкция палеоландшафтов и палеогеографической оболочки в целом, а также изучение истории, генезиса и прогнозирование развития современных ландшафтов; вторая — реконструирует палеопочвы и тем самым предоставляет данные об изменении ландшафтно-климатических условий. Обе науки в своих реконструкциях используют «временные срезы».

В данной статье мы рассмотрим методы палеопочвенных исследований, проводимых с целью реконструкции природных условий плейстоцена, выделим наиболее устойчивые свойства и признаки палеопочв, изучение которых позволяет точнее определить основные почвообразовательные процессы и типы почв, сформировавшиеся в результате почвообразования.

Методологической основой палеогеографических построений является принцип актуализма или естественноисторический принцип, утверждающий «... сходство или тождество условий формирования осадков, жизни животных, геологических процессов современной эпохи и изучаемой, древней» [Славин, Ясаманов]. Однако при использовании этого подхода возникают трудности, связанные с неполнотой геологической летописи, неоднозначностью проявления тех или иных явлений с течением времени. Кроме того, при палеогеографических и палеопочвенных реконструкциях неоплейстоценового периода необходимо учитывать возможные следы антропогенного

влияния. Помимо принципа актуализма, в науку вошел принцип дополнительности, который указывает на асинхронность одинаковых событий и синхронность противоположных процессов, а также концепция дуализма, допускающая различную реакцию природных объектов, находящихся в разных местах, на какое-либо внешнее для них событие [Чернов].

Почвы, сформировавшиеся в межледниковые и интерстадиальные эпохи являются полигенетическими. Полигенетические почвы, последовательно сменявшие друг друга во времени, образуют педокомплексы [Колесников, Колесникова]. Большинство позднеледниковых палеопочв на заключительных фазах почвообразования были преобразованы различными процессами (солифлюкция, мерзлотная деформация, растрескивание); если данные процессы вызывали перемещение почвенного материала на небольшое расстояние, при условии сохранения почвенных признаков, то формировались педоседименты [Ruhe, Daniels]. В результате одновременного протекания процессов почвообразования и осадконакопления, при условии их равной скорости, формировались видоизмененные процессами почвообразования породы, называемые педолитами [Герасимов].

Правильно определить генетический тип ископаемых почв и процессы их формирования довольно сложно. Во многом это определено тем, что почвы после погребения преобразуются и разрушаются, утрачивают свои первоначальные свойства и приобретают новые.

В связи с тем, что ископаемые почвы определяют по той же совокупности признаков, что и современные, при исследовании палеопочв используется весь арсенал методов, применяемых при изучении современных почв. При этом наибольшее значение имеют методы, позволяющие выявить диагностические параметры, которые обладают устойчивостью во времени и в меньшей степени подвержены диагенезу.

Важнейшие внутренние особенности почв отражены в их облике, поэтому морфология почв лежит в основе их диагностики и классификации. Наиболее важными морфологическими признаками, позволяющими диагностировать палеопочвы, являются мощность почв, цвет, структура, сложение, новообразования.

Микроморфологические свойства палеопочв позволяют определить как первоначальные свойства, так и приобретенные в результате диагенетических или педометаморфических изменений. Наиболее устойчивыми микроморфологическими признаками являются микростроение, далее плазма, пленки на минералах и натеки, затем органическое вещество и карбонаты [Герасимова, Геннадиев].

Сравнительно надежными диагностическими признаками являются агрегаты и поры, которые хорошо сохраняются в почвах после захоронения. Также, после погребения, сохраняются формы связи органического вещества с минеральной частью и характер распределения гумуса.

Карбонаты в палеопочвах имеют значение при решении вопросов диагностики почв и лессов. В почвах выделяют первичные (связаны с образованием породы), вторичные (связаны с почвообразованием) и диагенетические карбонаты (отложившиеся после захоронения почвы). Вторичные карбонаты обычно накапливаются в порах карбонатно-иллювиальных горизонтов. Часто микрокристаллический кальцит встречается в иллювиальных горизонтах, обнаружение его в порах поверх натеков оптически ориентированных глин указывает на отложение карбонатов после погребения почвы [Морозова].

На микростроение влияют мерзлотные процессы. Наиболее подвержены криогенным изменениям более тяжелые по гранулометрическому составу отложения [Huijzer]. При солифлюкции формируется плитчатая структура [Bertran]. В почвах с повышенным увлажнением образуется везикулярная пористость [Viet-Lanoe, Coutard, Pissart].

Таким образом микроморфологические исследования позволяют диагностировать процессы почвообразования и выявить генетические типы почв.

Гранулометрический состав ископаемых почв является одним из важных и устойчивых диагностических признаков. На основе его данных можно выявить некоторые типы элементарных почвообразовательных процессов. Используя гранулометрический анализ в совокупности с другими методами, можно определить генезис отложений, провести палеогеографические реконструкции [Рухин, 1962].

Особенности гранулометрического состава отложений определяются динамическими условиями среды осадконакопления и составом материала. Различные агенты транспортировки материала обуславливают различные условия его переноса, что отражается на состоянии частиц [Страхов]. Рельеф также влияет на характер гранулометрического состава — для расчлененного, возвышенного рельефа, характерно накопление крупных фракций, для равнинного свойственна аккумуляция песчаных, алевритовых и глинистых отложений. Эоловый перенос обуславливает хорошую сортировку частиц, кварцевые песчаные зерна обычно лучше окатаны, чем пылеватые частицы. Это связано с тем, что первые обычно переносятся сальтацией, вторые — по воздуху [Courty, Goldberg, Macphail]. Отложения, сформировавшиеся в результате склоновых процессов, отличаются плохой окатанностью, плохой сортированностью, различной степенью слоистости. Речные пески и алевриты характеризуются примесью пылеватых и глинистых частиц, слоистостью. Форма песчаных зерен почти всегда угловато-окатанная [Рухин, 1961].

Несмотря на то, что гранулометрический состав почв наследуется от исходной материнской породы, в процессе почвообразования он активно преобразовывается почвенными процессами. Выделяются элементарные почвенные процессы формирования гранулометрического состава: оглинивание, дезинтеграция, партлювация, лессиваж, разрушение глинистых силикатов, Al-Fe-гумусовое иллювиование [Элементарные почвообразовательные процессы].

Для палеоклиматических реконструкций гранулометрический состав должен подкрепляться данными минералогии палеопочв, что позволяет определить характер и интенсивность внутрипочвенного выветривания; различия в степени выветрелости могут быть связаны как с климатическими различиями, так и с разной длительностью периода почвообразования. Обычно в аридных и нивальных условиях накапливаются неустойчивые и менее устойчивые минералы, а в гумидном климате преобладают устойчивые минералы. Сохранность минералов лучше в аридных и нивальных условиях.

Изучение органического вещества в горизонтах ископаемых почв позволяет получить емкую информацию о первоначальных процессах гумусообразования, выявить изменения, происходящие с момента захоронения почв до настоящего времени [Пономарева]. Гумус постоянно присутствует в плейстоценовых отложениях и позволяет диагностировать условия образования почв и вмещающих их осадочных отложений, даже если в них отсутствует пыльца и фаунистические остатки. Однако в палеопочвах содержание валового гумуса значительно сокращается в результате диагенетического разложения, одновременно возрастает доля негидролизующего остатка.

Характеристика органического вещества иницирует условия образования почв как отдельного

стратотипического горизонта, так и определенного элемента рельефа. Наиболее устойчивым признаком состава гумуса как современных, так и ископаемых почв, является отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам (Сгк/Сфк) [Дергачева]. Соотношение этих компонентов гумуса остается неизменным в течение длительного времени или претерпевает незначительные изменения на протяжении всего периода существования почв. Отношение Сгк/Сфк может служить для диагностики процессов почвообразования. Если в современных почвах стабильное состояние системы гумусовых веществ поддерживается постоянным поступлением органического вещества, то в ископаемых почвах преобразование гумуса осуществляется за счет собственных ресурсов. Количество гумуса при этом сокращается, но при разложении гумусовых кислот только часть их минерализуется, а часть, разлагаясь до промежуточных стадий, вновь участвует в построении или достройке молекул сформированной ранее системы гумусовых кислот.

Фракционный состав гумуса дает несколько меньший объем информации об условиях формирования ископаемых почв, так как он претерпевает наибольшие изменения в период, протекающий после захоронения. В составе гумуса ископаемых плейстоценовых почв преобладают гумусовые кислоты связанные с кальцием и негидролизуемые формы гумусовых веществ. По мнению И. М. Гаджиева и М. И. Дергачевой [Гаджиев, Дергачева], повышение гуматов кальция идет тремя путями: 1 — за счет химического взаимодействия части гуминовых кислот фракции 1 с кальцием; 2 — происходит полное разложение и исчезновение из состава гумуса гуматов полуторных окислов; 3 — разложение гуматов полуторных окислов приводит частично к полной минерализации этой фракции, а частично к образованию промежуточных продуктов, идущих на достройку или построение новых молекул гуминовых кислот. Последние при избытке кальция переходят в гуматы кальция. При неполном разложении гуматов существует вновь возможность образования групп соединений гумуса.

Содержание карбонатов ископаемых почв позволяет установить степень карбонатности почв, определить наличие карбонатно-иллювиальных горизонтов. Есть мнение, что карбонатные новообразования ископаемых почв хотя и изменены процессами диагенеза, но несут отпечаток условий, в которых они формировались [Веклич и др.].

Данные валового состава почв позволяют проследить изменения в содержании химических элементов по профилю ископаемых почв, определить направленность и интенсивность почвообразовательного процесса и его особенности, выявить иллювиальные и элювиальные горизонты даже в случае их морфологической невыраженности.

Почвы в значительной степени наследуют микроэлементный состав пород, на которых они формируются [Виноградов], однако органическое вещество

выступает в роли депонирующего агента, способствует миграции и перераспределению микроэлементов по почвенному профилю; гумусовые кислоты воздействуют на минеральный субстрат, освобождают из него микроэлементы и вовлекают их в биологический круговорот. Распределение микроэлементов позволяет выявить процессы формирования почв. Поэтому изучение микроэлементного состава помогает исследовать как особенности осадконакопления, так и почвообразования.

Одним из направлений изучения содержания тяжелых металлов является определение элементов, накапливающихся в различных генетических горизонтах, и выявление на этой основе особенностей биогеохимической миграции [Eidt]. Распределение тяжелых металлов по почве определяется как особенностями почвообразования, так и осадконакопления. Установлено, что цинк и медь в окислительных условиях, нейтральных и щелочных средах умеренно подвижны, накапливаются и частично выносятся, свинец — слабоподвижен, активно накапливается. Изучение содержания тяжелых металлов широко применяется при исследовании толщ, сформировавшихся за исторический период [Lewin, Macklin].

Для палеоэкологических реконструкций ландшафтов на основе изучения палеопочв используется фитолитный анализ [Wilding, Drees]. Фитолиты — это кремниевые частицы, формирующиеся в растениях и позволяющие идентифицировать растение спустя длительное время. Они образуются при внутриклеточном осаждении кремнезема [Гольева]. Фитолиты различных растений специфичны, их форма служит в систематике родовым (иногда видовым) признаком. Каждое растительное сообщество оставляет свой комплекс фитолитов, что позволяет непосредственно реконструировать фитоценоз без промежуточной стадии диагностики конкретного растения [Piperno]. Наличие нескольких фитолитных комплексов в образце показывает смену растительного покрова. Фитолиты в поверхностных горизонтах почв разрушаются быстрее, устойчивость фитолитов возрастает с глубиной — этим объясняется сохранность фитолитов в погребенных почвах [Гольева, Александровский] и наличие фитолитов в плейстоценовых почвах [Bobrov, Bobrova, Alexeev]. Вертикальное распределение фитолитов в ненарушенных почвах носит аккумулятивный характер. Внутрипрофильные максимумы рассматриваются как проявление полигенетичности почвы [Kamanina].

Ниже приводится алгоритм действий, выполняемый нами при изучении палеопочв.

В ходе выполнения полевых работ мы проводим макроморфологическое описание разрезов по стандартной схеме полевого изучения палеопочв, а также отбираем образцы в соответствии с методическими рекомендациями [Веклич и др.].

Пример стандартного макроморфологического описания палеопочв приведен в таблице 1.

Таблица 1

Макроморфологическое описание педокомплекса каргинского интерстадиала, вскрытого в правобережной части долины р. Урюп бассейна р. Обь в отложениях террасовала, превышающего меженный урез реки на 35–40 м (разрез Березовское)

| Горизонт | Интервал глубин, см | Макроморфологическое описание |
|----------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 490–525 | Светло-бурый; легкосуглинистый; мелко- и среднекомковатый; уплотненный; переход ясный; граница волнистая. Из этого горизонта выходят морозобойные трещины, разбивающие все палеопочвы. |
| I[AU] | 525–600 | Бурый с серым оттенком; тяжелосуглинистый; структура изменяется от среднекомковатой до плитовидной; уплотненный; железисто-марганцевые новообразования; редкие новообразования карбонатов; переход ясный; граница волнистая. |
| II[AU] | 600–670 | Темно-бурый; тяжелосуглинистый; мелкокомковатый и среднеглыбистый; уплотненный; железисто-марганцевые новообразования; редкие новообразования карбонатов; переход ясный; граница клиновидная. Местами палеопочва разбита мерзлотными клиньями. |
| III[AU] | 670–720 | Бурый; тяжелосуглинистый; структура изменяется от мелко-, среднекомковатой до ореховатой; уплотненный; железисто-марганцевые новообразования; редкие новообразования карбонатов; переход ясный; граница волнистая; местами клиновидная. От верхней границы палеопочвы отходят псевдоморфозы по ледяным жилам; пространство между клиньями заполнено дресвяно-песчаным несортированным, интенсивно карбонатизированным материалом. |
| 2. | 720–785 | Бурый с серым оттенком; супесчаный, с включениями дресвяно-песчаного материала между клиньями, внедряющимися из вышележащего горизонта; мелкокомковатый; уплотненный. |

Для определения возраста и корреляции палеопочвенных горизонтов используются стратиграфический метод, радиоуглеродное датирование почв по гумусу. В связи с тем, что при применении радиоуглеродного датирования отмечается как омоложение радиоуглеродного возраста за счет проникновения молодого вещества, так и удревнение более древним органическим веществом, для подтверждения возраста применяется термолюминесцентный анализ [Olsson].

В ходе лабораторных работ изучается гранулометрический состав педокомплексов по средней пробе в стоячей воде методом пипетки в варианте Н. А. Качинского. Содержание общего органического углерода (гу-

муса) определяется мокрым сжиганием по И. В. Тюрину, карбонатов обменным (ацидиметрическим) методом, суммы обменных оснований по Каппену–Гильковичу, проводится анализ определения pH водных вытяжек. Изучение группового и фракционного состава гумуса осуществляется по методике И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотноковой.

Микроморфологическое описание шлифов палеопочв выполняется по схеме, предложенной в руководстве "Handbook for soil thin section description" [Bullock et al.] с учетом комментариев [Герасимова, Губин, Шоба]. Стандартное микроморфологическое описание палеопочвы приведено в таблице 2.

Таблица 2

Микроморфологическое описание горизонта I [AU] палеопочвы каргинского интерстадиала, вскрытой в правобережной части долины р. Урюп бассейна р. Обь в отложениях террасовала, превышающего меженный урез реки на 35–40 м (разрез Березовское)

| Горизонт | Интервал глубин, см | Микроморфологическое описание |
|----------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I [AU] | 535–540 | Основная масса имеет однородное строение, губчатое плотное сложение, темно-бурый с серым оттенком цвет, хорошо микроагрегирована, выделяются сложные округлые микроагрегаты. Микроструктура изменяется от комковатой до комковато-зернистой. Состав тонкодисперсной массы гумусово-глинистый с гидроокислами железа. Гумус прочно связан с глинистой плазмой. Представлен тонкодисперсным органическим веществом, реже органическим пигментом. Структура тонкодисперсного органического вещества изотропна. Высокая пористость, количество пор — 25 %. Простые и сложные поры упаковки, поры-каналы. Поры имеют неправильные и угловатые формы, с извилистыми изогнутыми и «рваными» краями. Внутреннее пространство этих пор заполнено копролитами, в некоторых встречаются скопления карбонатов. Отмечены железисто-марганцевые новообразования. Зерна минералов покрыты темно-бурыми гумусово-глинистыми пленками. Основная часть шлифа занята гумусово-глинистой плазмой. Скелет в основном состоит из крупнопылеватых (до 73 %) и мелкопесчаных (до 25 %) частиц, что позволяет отнести горизонт к среднесортированному. Зерна относительно друг друга не ориентированы. Поверхность кварцевых частиц песчаной фракции волнообразная. Форма зерен близка к овальной угловатой. Песчаные зерна плохо окатаны, пылеватые субугловатые. Минералогический состав представлен кварцем (96 %), плагиоклазом (2 %), роговой обманкой (1 %), единичными зернами ортоклаза, эпидота, кальцита. |

Классификация сортированности, окатанности и характера поверхности зерен скелета

| Степень сортированности | |
|---------------------------------------|------------------------------------------|
| по [Bullock et al.] | по [Рухин, 1961] |
| Очень хорошо сортирован | Присутствует один размерный класс частиц |
| Хорошо сортирован | 90 % частиц преобладающей фракции |
| Средне сортирован | 70 % частиц преобладающей фракции |
| Плохо сортирован | 40 % частиц преобладающей фракции |
| Не сортирован | Нет доминирующего класса частиц |
| Окатанность | |
| по [Bullock et al.] | по [Рухин, 1961] |
| Угловатые частицы | Неокатанные частицы (0 баллов) |
| Субугловатые частицы | Слегка окатанные частицы (1 балл) |
| Плохоокатанные частицы | Плохоокатанные частицы (2 балла) |
| Окатанные частицы | Хорошоокатанные частицы (3 балла) |
| Хорошоокатанные частицы | Очень хорошоокатанные частицы (4 балла) |
| Характер поверхности [Bullock et al.] | |
| Грубая | Глубокие углубления |
| Волнообразная | Широкие углубления |
| Матовая | С многочисленными мелкими ямками |
| Гладкая | Различимы отдельные ямки и штрихи |

Источник: составлено автором на основании работ [Bullock et al.; Рухин, 1961].

При изучении минералогического состава нами исследуется степень окатанности, характер поверхности песчаных и пылеватых кварцевых частиц, сортированность материала палеопочв на основе классификаций, предложенных в руководстве "Handbook for soil thin section description" [Bullock et al.] и [Рухин, 1961] (табл. 3).

Валовое содержание макроэлементов и тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) изучается при помощи количественного спектрального анализа. Содержание микроэлементов исследуется нейтронно-активационным методом.

Для реконструкции растительности на локальном уровне проводится биоморфный анализ по методике, предложенной А. А. Гольевой.

Для объективной оценки результатов палеопочвенных анализов и репрезентативных реконструкций используются статистические методы. В силу того, что при почвенных исследованиях применение параметрических методов статистической обработки имеет значительное ограничение, обусловленное объемом выборки и обязательным наличием нормального распределения функции отклика, рекомендуется применять непараметрические методы анализа данных [Благовещенский, Дмитриев, Самсонов]. Установлено, что применение ранговых статистических критериев даже в случае нормального распределения функции отклика дает результаты, близкие с параметрическими аналогами, поэтому нет необходимости устанавливать тип распределения [Коган, Белов, Родинов].

Из всего разнообразия статистических методов для определения наличия зависимости между признаками

палеопочв использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Коэффициент ранговой корреляции оценивает не только линейную зависимость, но и работает в условиях нелинейной зависимости. Для оценки разброса значений рассчитывается стандартное отклонение. С целью оценки достоверности различий отдельных свойств палеопочв используется коэффициент Вилкоксона.

Для выявления дифференциации палеопочвенных профилей по гранулометрическому составу рассчитывают коэффициент дифференциации: $D = \text{физ. пыль (гор. B)} / \text{физ. Пыль (гор. A)}$. По результатам минералогического анализа определяется коэффициент выветрелости.

По результатам макроэлементного анализа определяются элювиально-иллювиальные коэффициенты ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), указывающие на процессы разрушения и перемещения основных компонентов валового химического состава палеопочв. Повышение значений элювиально-иллювиальных коэффициентов говорит о процессах выноса полутонных окислов из горизонта почвы.

Таким образом наиболее устойчивыми во времени признаками палеопочв, позволяющими диагностировать их и проводить палеогеографические реконструкции, являются:

- морфологические признаки (мощность почв, цвет, структура, сложение, новообразования);
- микроморфологические признаки (микростроение, плазма, пленки на минералах и натеки, органическое вещество и карбонаты, менее надежные — агрегаты и поры, связи органического вещества с минеральной частью и характер распределения гумуса);

— гранулометрический состав;
— отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам.

К сравнительно надежным диагностическим признакам относятся:

- фракционный состав гумуса;
- данные валового состава почв;
- микроэлементный состав.

Именно применение обширного комплекса различных методов позволяет довольно достоверно диагностировать, как условия формирования литоматрицы, так и основные почвообразовательные процессы, которые привели к формированию почвы. Получаемая основа дает возможность провести палеогеографические реконструкции. Это обусловлено тем, что развитие почвы, как естественноисторического образования, связано с эволюцией природной среды. Особая роль палеопочвоведения в комплексных палеогеографических реконструкциях объясняется способностью почв воспринимать воздействия окружающей среды,

отражать их в своих признаках и сохранять продолжительное время.

Полученные в ходе подобных исследований данные могут быть использованы для физико-географических реконструкций и географического прогнозирования изменений природной среды; при составлении региональных стратиграфических схем; при проведении инженерно-геологических и мелиоративных работ. Они позволяют определить основные тренды будущих климатических изменений и прогнозировать ответную реакцию ландшафтов и их компонентов на возможные глобальные изменения. Кроме того, полученные данные об органическом веществе ископаемых почв вносят вклад в изучение изменения состояний и свойств системы гумусовых веществ во времени. Это способствует и разработке теоретических основ гумусообразования, и разработке практических рекомендаций по эффективному использованию гумусового фонда почв. Также результаты исследований используются при реконструкциях палеоэкологических условий существования древних людей.

БИБЛИОГРАФИЯ

Благовещенский Ю. Н., Дмитриев Е. А., Самсонов В. П. Применение непараметрических методов в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1985. 99 с.

Веклич М. Ф., Матвишина Ж. Н., Медведев В. В., Сиренко Н. А., Фёдоров К. Н. Методика палеопедологических исследований. Киев: Наукова думка, 1979. 272 с.

Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–572.

Гаджиев И. М., Дергачева М. И. Изменение органического вещества дерновоподзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом под влиянием зимнего промерзания // Проблемы Сибирского почвоведения. Новосибирск: Наука СО РАН, 1977. С. 97–106.

Герасимов И. П. Природа и сущность древних почв // Почвоведение. 1971. № 1. С. 3–10.

Герасимова М. И., Геннадиев А. Н. Микроморфология новообразованных и унаследованных признаков в почвах курганов Новгородской области // Микроморфология антропогенно измененных почв. М.: Наука, 1988. С. 183–193.

Герасимова М. И., Губин С. В., Шоба С. А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пущино, 1992. 216 с.

Гольева А. А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. М., 2001. 200 с.

Гольева А. А., Александровский А. Л. Использование фитолитного анализа при решении генетико-эволюционных вопросов почвоведения // Почвоведение. 1999. № 8. С. 840–848.

Дергачева М. И. Система гумусовых веществ почв. Новосибирск: Наука, 1989. 110 с.

- Коган Р. И., Белов Ю. П., Родинов Д. А. Статистические ранговые критерии в геологии. М.: Недра, 1983. 137 с.
- Колесников Р. А., Колесникова Н. Г. Природная динамика северных экосистем Евразии в период каргинского интерстадиала // Человек и Север: антропология, археология, экология. 2012. С. 389–391.
- Морозова Т. Д. Микроморфологическое изучение погребенных почв // Почвоведение. 1963. № 9. С. 49–56.
- Пономарева В. В. О географических закономерностях гумусообразования // Докл. 6 межд. конгресса почвоведов. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 20–26.
- Рухин Л. Б. Основы литологии. Л.: Гостоптехиздат, 1961. 780 с.
- Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. Л.: Гостоптехиздат, 1962. 628 с.
- Славин В. И., Ясаманов Н. А. Методы палеогеографических исследований. М.: Недра, 1982. 255 с.
- Страхов Н. М. Общие проблемы геологии, литологии и геохимии. Избр. тр. М.: Наука, 1983. 640 с.
- Чернов А. В. Историческое землеведение (палеогеография). М.: МГПУ, 2004. 154 с.
- Элементарные почвообразовательные процессы / под ред. Н. А. Караваева, С. В. Зонн. М.: Наука, 1992. 185 с.
- Bertran P. Deformation induced microstructures in soils affected by mass movements // Earth Surface Processes and Landforms. 1993. № 18. P. 645–660.
- Bobrov A. A., Bobrova E. K., Alexeev J. E. Biogenic silica in biosystematics — uses // Phytoliths: Applications in earth sciences and human history. Lisse. Abington. Exton (PA)–Tokio: Balkena Publishers, 2001. P. 279–288.
- Bullock P., Federoff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T. Handbook for soil thin section description. England: Wain Research, 1985. 157 p.
- Courty M. A., Goldberg P., Macphail R. Soils and Micro-morphology in Archaeology. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 189 p.
- Eidt R. Theoretical and practical considerations in the analysis of anthrosols // Archaeological Geology / G. Rapp and J. A. Gifford (ed.). Yale University Press, 1985. P. 155–190.
- Huijzer A. S. Cryogenic microfabrics and macrostructures: interrelations, processes and paleoenvironmental significance. Sassenheim, The Netherlands, 1993. 215 p.
- Kamanina I. Z. Phytoliths data analysis of soils of different landscape zones // The state of phytoliths in soils and plants. Madrid. Spain, 1997. P. 23–32.
- Lewin J., Macklin M. Metal mining and floodplain sedimentation in Britain // International Geomorphology. Part I / Gardiener (ed.). Chichester: John Wiley, 1986. P. 1009–1028.
- Olsson I. Radiometric dating // Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology / B. E. Berglund (ed.). John Wiley and Sons, 1986. P. 273–292.
- Piperno D. R. Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective. San Diego: Academic Press, 1988. 268 p.
- Ruhe R. V., Daniels R. B. Soils, paleosoils and soil horizon nomenclature // Soil Science Society of America, Proceedings. 1958. № 22. P. 66–69.
- Van Viet-Lanoe B., Coutard J. P., Pissart A. Structures caused by repeated freezing and thawing in various loamy sediments: a comparison of active, fossil and experimental data // Earth Surface Processes and Landforms. 1984. № 9. P. 553–565.
- Wilding L. P., Drees L. R. Biogenic opal in Ohio soils // Soil Science Society of America, Proceedings. 1971. Vol. 35. P. 1004–1015.

METHODS OF STUDY OF PALEOSOILS AS A BASIS FOR THE RECONSTRUCTION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE PLEISTOCENE AND ECOLOGICAL FORECASTING

The relevance of paleogeographic studies because they provide information not only about the history of the formation and evolution of the geographic shell, but also allow long-term forecasting of its development in the future. A paleogeographic problems can be resolved on the basis of reconstructions of the evolution of the soil cover. The special role of paleosoils in the complex paleogeographic reconstructions due to the soil's ability to perceive the effects of the environment, reflect them in your signs and keep a long time. This article focuses on the methods of study of paleosoils. The article analyzes the experience of application of various paleosoils methods to reconstruct environmental conditions of the Pleistocene. The algorithm of carrying out paleopedological research applied by the author in implementing such studies.

Keywords: paleosoils, reconstruction of natural conditions, ecological forecasting, methodology.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПАРКА ИМ. Е. Ф. КОЗЛОВА В Г. НАДЫМ (ЯНАО) И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ

В статье представлены результаты оценки состояния почв парка им. Е. Ф. Козлова в г. Надым (ЯНАО), основу которого составляет кедрово-лиственничное насаждение естественного происхождения, сформировавшееся в центре крупного северного города в процессе его расширения. Также в статье представлены рекомендации, выполнение которых должно способствовать улучшению состояния почв парка, повышению их устойчивости к высоким нагрузкам со стороны рекреантов.

Ключевые слова: *лиственнично-кедровое редколесье, парк, рекреация, почва, подзолистый, глеевый, деградация плодородия, мелиорация.*

Развитие и совершенствование производственно-го комплекса Ямало-Ненецкого округа является одним из приоритетных направлений государственной политики РФ. Решение глобальных задач, стоящих перед субъектом, невозможно без создания для населения северных городов комфортной среды проживания. Ее формирование целесообразно вести на географо-типологической основе на базе естественных природных комплексов (лесных биогеоценозов), поскольку в жестких климатических и почвенно-гидрологических условиях естественные лесные экосистемы демонстрируют большую устойчивость по сравнению с искусственными и могут успешно использоваться для создания объектов рекреации на территории быстро развивающихся северных городов. За последние 40 лет во многих молодых населенных пунктах ХМАО–Югры и ЯНАО сформировались парки, представляющие собой более или менее трансформированные участки естественных лесных экосистем, оказавшиеся в центре городского ландшафта в процессе его развития. Изучение состояния почв и древостоев таких парков представляет особый научный интерес, поскольку полученные данные позволяют сделать предварительные выводы о степени и механизмах антропогенного воздействия на естественные природные системы, развивающиеся в условиях урбанизации, разработать рекомендации, следование которым поможет успешному функционированию экосистем такого рода, что является важным, поскольку за минувшие годы данные объекты стали любимыми местами отдыха горожан.

В данной работе приведены результаты изучения почв парка им. Е. Ф. Козлова, расположенного в г. Надым (ЯНАО). Исследования проводились в 2013–2014 гг. в рамках исполнения муниципальных контрактов № 0190300001213000587-0186850-01 от 04 сентября 2013 г. и № 0190300001214000593-0186850-01 от 11 августа 2014 г.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Парк им. Е. Ф. Козлова располагается в самом центре г. Надым Ямало-Ненецкого автономного округа (рис. 1).

Согласно данным официального сайта Администрации Надымского района [Администрация муниципального образования ...] статус города рабочий поселок Надым получил 9 марта 1972 г., с этого же момента он является и центром Надымского района. Надымский район занимает центральную часть севера Западно-Сибирской низменности и охватывает бассейн реки Надым и западную часть Тазовского полуострова.

Климат Надымского района — субарктический континентальный с продолжительной суровой зимой и достаточно прохладным коротким летом. По его равнинной территории свободно продвигаются как холодные воздушные массы с севера, достигающие южных границ района, так и знойные ветры Средней Азии и Казахстана, проникающие далеко на север. Это приводит к резким и неожиданным перепадам температуры, годовая амплитуда колебаний которой составляет 95° по шкале Цельсия. Средняя температура самого холодного месяца — января — минус 23 с половиной градуса, а самого теплого — июля — около плюс 15, среднегодовая температура — 6 с половиной градуса ниже нуля. Абсолютный минимум — минус 62° [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа].

Надымский район расположен в зонах тундры и лесотундры. Леса, находящиеся вокруг города, относятся к Западно-Сибирскому северотаежному равнинному лесному району таежной лесорастительной зоны, и к Западно-Сибирскому району притундровых лесов и редкостойной тайги зоны притундровых лесов и редкостойной тайги [Лесохозяйственный регламент ...]. Притундровые и северотаежные леса на территории района представлены в основном низкополотными лиственничными, сосновыми и еловыми насаждениями, максимально приспособленными к жестким климатическим условиям

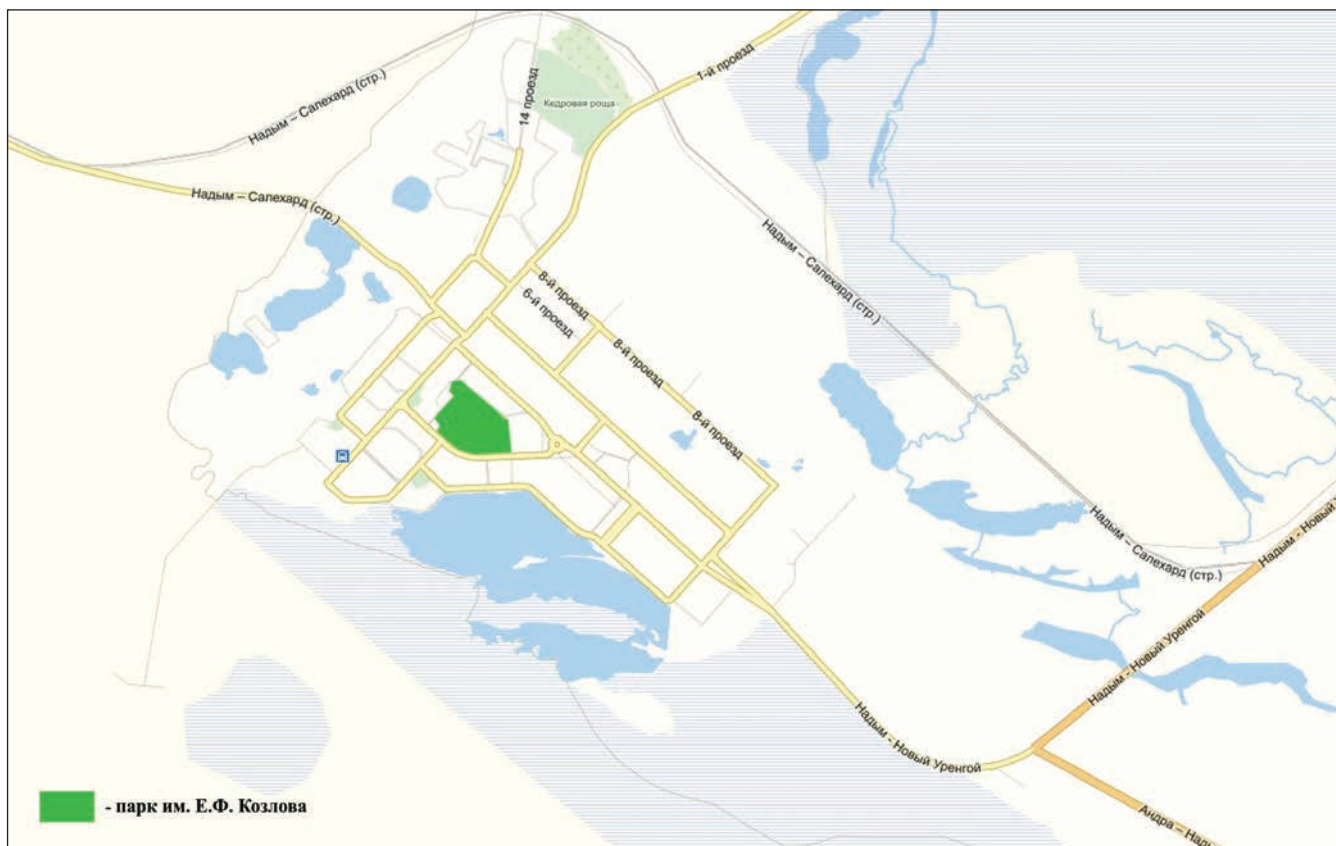


Рис. 1. Схема расположения парка в г. Надым

севера. Леса перемежаются с большими участками тундры на севере и болотами — на юге. В притундровых лесах преобладают лиственничники, в северотаежных — сосняки [Администрация муниципального образования ...]. Несмотря на низкую продуктивность, северные леса выполняют важную защитную средообразующую и климатоформирующую функцию, вот почему в процессе обустройства ямальских городов парками часто становятся участки оставленных естественных насаждений, сформированных местными древесными породами.

На территории парка им. Е. Ф. Козлова имеется достаточно разветвленная сеть асфальтовых дорожек, находящаяся в отличном состоянии. Дорожки разбивают территорию парка на 24 участка так, как показано на рисунке 2.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении почвенных исследований были заложены пять почвенных разрезов для того, чтобы оценить мозаичность почв парка. Почвенные разрезы закладывались «конвертом» по стандартной методике [Федорец, Медведева]. Для последующего проведения химического анализа почв согласно требований технического задания в разных частях парка были взяты тридцать прикопок. Размещение почвенных разрезов и прикопок на территории парка представлено на рисунке 3.

В процессе изучения химического состава почв для каждого из тридцати образцов определяли показатель рН (химическая реакция среды); содержание аммонийного и нитратного азота, фосфора, калия, органического

вещества (почвенное плодородие), содержание свинца и хлорид-иона (загрязненность почв автотранспортом и противогололедными составами). Перед проведением химического анализа почвы высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали до частиц размером 3–5 мм в диаметре и удаляли скелетную часть, крупные органические частицы и мусор. Образцы почв просеивали через почвенные сита, анализу подвергалась фракция менее 1 мм.

Актуальную (активную) кислотность почв определяли потенциометрически в водной суспензии [Аринушкина]. Содержание подвижных форм фосфора вычисляли по методу Кирсанова [Практикум по агрохимии], аммиачного азота — фотометрически по образованию окрашенного соединения с реактивом Несслера [Аринушкина].

Содержание нитратного азота определяли потенциометрически с нитрат-селективным электродом [ГОСТ 26951-86], хлорид-ионов — меркуриметрическим титрованием [Практикум по агрохимии]. Определение гумуса проводили по методу Тюрина с использованием в качестве индикатора фенолантралиновой кислоты [Аринушкина; Практикум по агрохимии].

Массовую концентрацию подвижных форм калия и свинца в почвах определяли в азотнокислых вытяжках (концентрация HNO_3 — 1 моль/дм³) атомно-абсорбционным методом анализа с электротермической атомизацией пробы с помощью вольфрамового спирального атомизатора. Соотношение почва:экстрагент = 1:10, время экстракции — 24 часа при периодическом перемешивании.

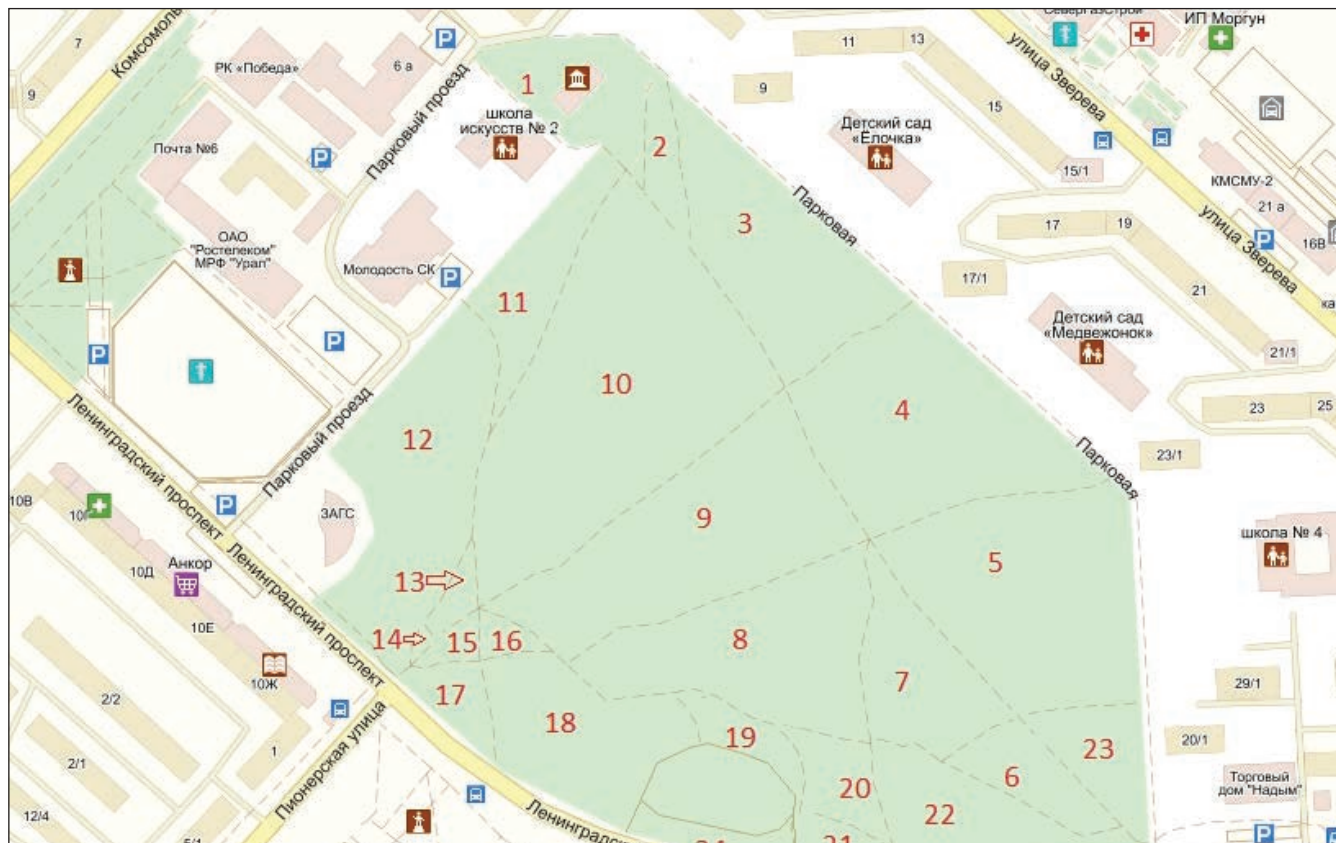


Рис. 2. Разделение территории парка на участки сетью асфальтовых дорожек. Пунктирными линиями обозначены пешеходные дорожки, цифрами — участки, на которые дорожки разбивают территорию парка

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Система внутреннего освещения парка хорошо продумана. На территории парка практически отсутствуют места с недостаточным освещением, однако, при тщательном изучении рисунка 4, можно обнаружить несколько дорожек, вдоль которых не установлены фонари, они находятся в юго-восточной части парка (участки 5–7 и 20–23), а также в юго-западной части парка (дорожка от входа в парк между участками 17 и 18 к дворцу спорта).

При анализе изображения рисунка 5 находим, что в этих местах также отсутствуют лавочки. Мест отдыха немного на дорожке, соединяющей вход в парк со стороны участков 6 и 22 с аналогичным входом в районе размещения участка 14, а также на дорожке, тянущейся мимо участков 11 и 12 вдоль западной границы парка. Во время работы в парке отмечали, что наиболее посещаемой его частью является центр, где плотность размещения мест отдыха самая высокая. Большое количество посетителей наблюдается также в северо-восточной и юго-восточной частях, однако, посетители, приходящие в парк со стороны ТЦ «Надым» (вход со стороны участков 6 и 22) не задерживаются в южной части парка, а перемещаются либо в центр, либо к участкам 3 и 4, где также имеется достаточное количество мест для отдыха. Рекреационная нагрузка на территории участков 3, 4 и, отчасти, 5 велика в связи с близостью расположения школы и двух детских садов.

Утром и вечером велика интенсивность движения в районе детской площадки (светлое «пятно» в южной части парка), но ввиду отсутствия достаточного количества скамеек в этой части, посетители не задерживаются здесь надолго, предпочитая уйти в центр или к игровому комплексу.

Наименее посещаемой частью парка является дорожка, ведущая от входа в парк со стороны участка 14 к Дворцу спорта и Дому природы. Вероятно, обнаруженная неравномерность распределения мест отдыха (лавочек) по территории парка может быть одной из причин того, что суточная рекреационная нагрузка распределена по его площади неравномерно.

В процессе изучения почвенных разрезов было установлено, что почвы парка им. Е. Ф. Козлова относятся к иллювиально-железистому роду глеево-подзолистого подтипа подзолистых почв. Мощность подзолистого горизонта A_2 достаточно сильно варьирует от разреза к разрезу.

Подзолистые почвы — типичные почвы, формирующиеся под северными хвойными лесами. Обычно они характеризуются кислой реакцией, хорошо дифференцированным почвенным профилем, малым содержанием в верхних горизонтах трехвалентных металлов и ила, малой мощностью элювиально-гумусового горизонта и даже его отсутствием (в составе гумуса преобладают фульвокислоты).

Предварительный анализ совокупной мощности горизонтов A_0 (лесная подстилка) и A_1 (гумусово-



Рис. 3. Размещение почвенных разрезов (обозначены римскими цифрами) и прикопок (обозначены арабскими цифрами) на территории парка им. Е. Ф. Козлова

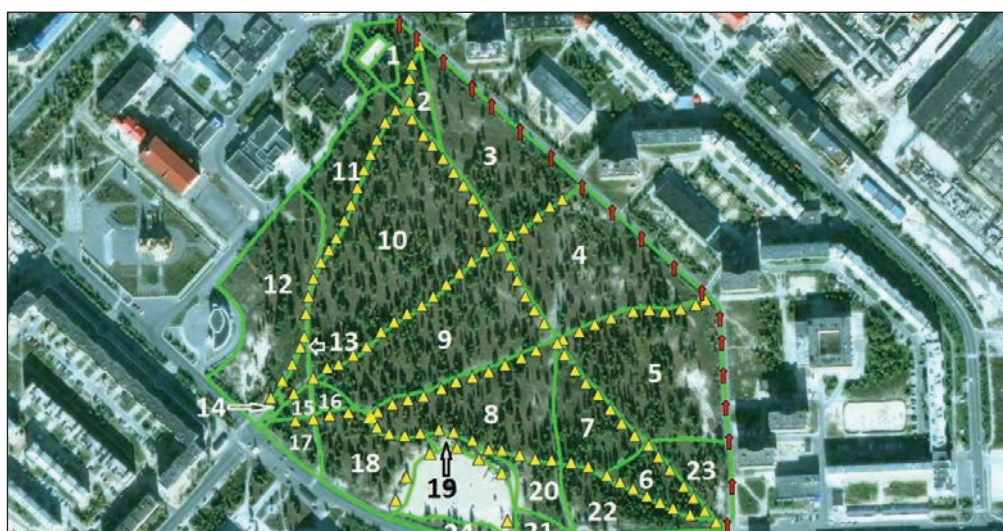


Рис. 4. Расположение систем освещения на территории парка (треугольниками отмечены светильники внутреннего освещения парка, стрелками — освещение ул. Парковой от ТЦ «Надым» до Дома природы

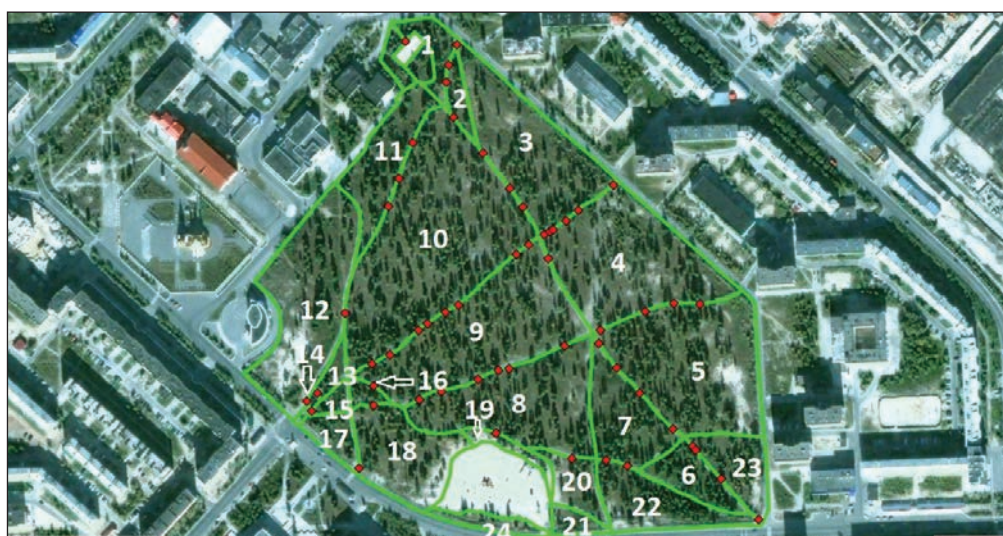


Рис. 5. Распределение лавочек и урн по территории парка

эллювиальный горизонт) указывает на то, что максимальное значение этого показателя отмечается на участке 6 (разрез 5 на рис. 3) — 9 см (4+5), на участках 2, 4, 10 его значение колеблется от 7 до 8 (2+5 и 3+5), в центре наиболее посещаемого участка 9 суммарная мощность двух горизонтов — 6 (2+4), что указывает на то, что верхний слой почвы в центральной части парка испытывает со стороны отдыхающих более сильное воздействие по сравнению с периферийными участками. Обращает на себя внимание наличие средних суглинков в составе почвы разреза 5, во всех остальных разрезах отмечали песчаный состав почв, это, вероятно, является результатом функционирования каналов-осушителей, проложенных на площади участка 22, по которым влага с Ленинградского проспекта стекает до участка 6.

В процессе обобщения данных агрохимического анализа выделяли четыре участка почв на территории парка, три из них привязывали к близлежащим транспортным артериям, отдельно рассматривали центральную часть парка, одинаково удаленную от всех трех магистралей (табл. 1).

Ожидалось, что показатель кислотности подзолистых почв парка будет значительно ниже полученных показателей, поскольку под хвойными насаждениями в условиях холодного климата обычно формируются кислые почвы. Самое низкое среднее значение pH (5,7) наблюдали в центральной части парка, наиболее удаленной от окрестных дорог, реакция кислая, но стремящаяся к нейтральной. Химическая реакция почвенной среды на участках, расположенных на западной и восточной границах парка, в непосредственной близости от проездов с невысокой интенсивностью движения транспорта, достигает нейтрального значения (6,0).

Показатель pH почв на участках, чьи границы примыкают к Ленинградскому проспекту, увеличивается до 6,6. Таким образом получены данные, которые могут указывать на то, что в почвах участков, прилегающих к транспортным магистралям протекает процесс подщелачивания.

Обеспеченность почв парка азотом (нитратным и аммонийным), фосфором и калием производилась путем сопоставления полученных данных со значениями, приведенными в таблице 2 [Практикум по агрохимии].

Полученные данные свидетельствуют о том, что почвы парка бедны питательными элементами, что подтверждается результатом, рассчитанным для центрального участка. Однако в нескольких местах (участки 16, 18, 23), прилегающих к главной транспортной магистрали — Ленинградскому проспекту, наблюдали очень высокий уровень содержания фосфора. Вероятно он накапливается в таких количествах в микропонижениях вместе со стоками, стекающими в парк с проезжей части (фосфор входит в состав моющих средств). Данные по гумусу также очень завышены в силу высокого содержания неразложившейся органики в почвах парка и невозможности ее удаления из подготовленных образцов. Реальное содержание органических веществ в почве в пересчете на гумус составляет 1 %.

В процессе проведения химического анализа почв на содержание в них NPK при добавлении к образцам почв, взятых в юго-восточной части парка (участок 23, район перекрестка ул. Парковой и Ленинградского проспекта), раствора соляной кислоты органолептически было замечено выделение значительного количества сероводорода. Это указывает на возможность обменной реакции, происходящей между соляной кислотой и сульфидами металлов, содержащимися в образцах почвы.

Таблица 1

Результаты агрохимического анализа почв в местах прикопок на территории парка им. Е. Ф. Козлова

| № пп | Номер участка, номер прикопки | pH | Содержание | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------|----------------|
| | | | K ₂ O, мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | N/NO ₃ , мг/кг | N/NH ₄ , мг/кг | Органическое в-во (в пересчете на гумус), % | свинец, мг/кг | хлорид-ионы, % |
| Участки, расположенные вдоль ул. Парковой от Дома природы до ТЦ «Надым» | | | | | | | | | |
| 1 | Участок 2, прикопка 1 | 6,54 | следы | 13,5 | 7,00 | 24 | 2,48 | 0,35 | 0,0067 |
| 2 | Участок 1, прикопка 2 | 5,58 | следы | 23,0 | 6,23 | 18 | 7,60 | 0,36 | 0,0071 |
| 3 | Участок 3, прикопка 6 | 5,17 | следы | 5,5 | 4,83 | 20 | 1,11 | 0,36 | 0,0062 |
| 4 | Участок 4, прикопка 7 | 5,04 | следы | 5,5 | 0,78 | 26 | 1,70 | 0,24 | 0,0071 |
| 5 | Участок 4, прикопка 8 | 6,48 | следы | 8,0 | 0,49 | 18 | 0,82 | 0,32 | 0,0053 |
| 6 | Участок 5, прикопка 9 | 4,95 | следы | 5,0 | 1,24 | 18 | 4,22 | 0,22 | 0,0058 |
| 7 | Участок 5, прикопка 10 | 5,98 | < 10 | 9,5 | 1,56 | 20 | 1,19 | 0,69 | 0,0062 |
| 8 | Участок 23, прикопка 11 | 7,69 | следы | 102,0 | 2,21 | 26 | – | 6,90 | 0,0066 |
| 9 | Участок 23, прикопка 12 | 6,28 | следы | 5,0 | 0,99 | 20 | 3,80 | 0,97 | 0,0056 |
| | Средние значения | 6,0 | следы | 19,7 | 2,8 | 21,1 | 2,9 | 1,2 | 0,006 |

| № пп | Номер участка, номер прикопки | рН | Содержание | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------|----------------|
| | | | K ₂ O, мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | N/NO ₃ , мг/кг | N/NH ₄ , мг/кг | Органическое в-во (в пересчете на гумус), % | свинец, мг/кг | хлорид-ионы, % |
| 10 | Участок 6, прикопка 13 | 6,22 | следы | 5,0 | 0,78 | 24 | 2,01 | 0,22 | 0,0062 |
| 11 | Участок 22, прикопка 14 | 8,24 | следы | 80,0 | 1,97 | 39 | – | 1,10 | 0,0056 |
| 12 | Участок 22, прикопка 15 | 6,98 | < 10 | 9,5 | 2,48 | 24 | 4,22 | 0,84 | 0,0060 |
| 13 | Участок 7, прикопка 16 | 5,03 | следы | 5,0 | 2,48 | 40 | 3,37 | 0,17 | 0,0053 |
| 14 | Участок 21, прикопка 17 | 7,16 | следы | 14,0 | 0,99 | 39 | 1,21 | 0,22 | 0,0051 |
| 15 | Участок 7, прикопка 18 | 5,09 | < 10 | 11,0 | 22,08 | 60 | 13,7 | < 0,1 | 0,0054 |
| 16 | Участок 16, прикопка 23 | 8,87 | следы | 910,0 | 12,42 | 32 | 4,12 | 2,20 | 0,0075 |
| 17 | Участок 18, прикопка 24 | 5,76 | < 10 | 360,0 | 4,94 | 26 | 3,04 | 0,82 | 0,0064 |
| 18 | Участок 13, прикопка 25 | 5,84 | < 10 | 6,0 | 12,42 | 32 | 2,18 | 0,43 | 0,0056 |
| Участки вдоль Паркового проезда от ЗАГСа до Дома природы | | | | | | | | | |
| 19 | Участок 11, прикопка 3 | 5,84 | следы | 13,0 | 6,23 | 24 | 1,13 | 0,21 | 0,0062 |
| 20 | Участок 12, прикопка 28 | 5,68 | < 10 | 6,0 | 7,00 | 24 | 3,31 | < 0,1 | 0,0056 |
| 21 | Участок 12, прикопка 29 | 5,48 | следы | 5,0 | 24,78 | 42 | 8,35 | < 0,1 | 0,0071 |
| 22 | Участок 11, прикопка 30 | 6,96 | следы | 6,0 | 13,93 | 32 | 17,38 | 0,26 | 0,0096 |
| | Средние значения | 6,0 | следы | 7,5 | 13,0 | 30,5 | 7,5 | 0,2 | 0,007 |
| Участки в центральной части парка | | | | | | | | | |
| 23 | Участок 10, прикопка 4 | 6,78 | следы | 16,0 | 12,42 | 11 | 1,82 | 0,54 | 0,0064 |
| 24 | Участок 10, прикопка 5 | 5,71 | следы | 7,5 | 1,97 | 18 | 2,00 | 0,32 | 0,0053 |
| 25 | Участок 8, прикопка 19 | 5,44 | следы | 8,0 | 9,87 | 49 | 1,68 | 0,36 | 0,0069 |
| 26 | Участок 9, прикопка 20 | 5,13 | следы | 6,0 | 0,70 | 39 | 3,74 | 0,50 | 0,0062 |
| 27 | Участок 8, прикопка 21 | 5,46 | следы | 5,0 | 4,94 | 11 | 21,04 | 0,20 | 0,0051 |
| 28 | Участок 9, прикопка 22 | 7,20 | следы | 18,0 | 9,87 | 42 | 3,45 | 0,40 | 0,0071 |
| 29 | Участок 10, прикопка 26 | 4,53 | < 10 | 8,0 | 12,42 | 53 | 22,02 | 0,69 | 0,0109 |
| 30 | Участок 10, прикопка 27 | 5,03 | < 10 | 6,0 | 11,06 | 32 | 3,81 | 0,19 | 0,0067 |
| | Средние значения | 5,7 | следы | 9,3 | 7,9 | 31,9 | 7,4 | 0,4 | 0,007 |

Таблица 2

Уровни обеспеченности почв элементами питания

| Уровни | K ₂ O, мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | N/NO ₃ , мг/кг | N/NH ₄ , мг/кг |
|---------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Низкий | 60–120 | 57–114 | 10–20 | 10–20 |
| Средний | 120–240 | 114–230 | 20–40 | 20–40 |
| Высокий | 240–300 и более | 230–286 | 40–50 и более | 40–50 и более |

Известно, что в состав токсических веществ, появляющихся при работе транспорта, входят сероводород и диоксид серы, которые служат одними из важнейших параметров системы мониторинга транспортного загрязнения окружающей среды [Луканин, Трофименко]. Сероводород сорбируется почвой с образованием сульфидов металлов. Кроме того, диоксид серы, трансформируется в почве до сульфат-иона, который в результате диссими-

ляционной редукции превращается в сероводород, увеличивая количество сульфидов еще больше. Отмеченное выше выщелачивание почв, может объясняться именно наличием сульфидов, которые, будучи солями сильных оснований и слабой кислоты, подвержены гидролизу с образованием слабощелочных сред.

Уровень предельно допустимой концентрации свинца в почве составляет 6 мг/кг почвы. Данные,

приведенные в таблице 1 свидетельствуют о том, что на территории парка есть место, где этот показатель оказался превышен (опять участок 23 — 6,9 мг/кг почвы).

Содержание хлорид-иона измерялось с целью оценки риска возможного загрязнения почв производными противогололедных материалов. Максимально недопустимая концентрация хлорид-иона для лесной зоны составляет для древесных растений 0,01 %. Этот порог не был достигнут ни в одном из обследованных образцов. Результаты выполненного агрохимического анализа почв показали, что на некоторых участках парка, прилегающих к автомобильным дорогам, идут процессы, негативным образом сказывающиеся на состоянии почв и древесных растений. В первую очередь это касается юго-восточной части парка, куда выведены стоки с проезжей части Ленинградского проспекта.

На основании проведенных почвенных исследований можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Почвенный покров парка представлен глеево-подзолистыми почвами, признаки которых варьируют незначительно. Дерновый процесс в этих почвах выражен слабо и не обеспечивает достаточного поступления элементов питания, особенно азота и фосфора. Количество гумуса фульватного типа незначительно (до 1 %) и в условиях действия грибной микрофлоры отрицательно сказывается на их плодородии, что лимитирует биоразнообразие в редкостойных кедрово-лиственничных насаждениях.

2. В качестве материнских почвообразовательных пород выступают песчаные отложения аллювиального и ледникового происхождения, что обуславливает хорошие водные и воздушные свойства исследуемых почв.

3. Периодическое избыточное увлажнение почв способствует накоплению полуторных окислов Al^{3+} и Fe^{3+} в иллювиальных горизонтах, а их распределение изменяется с глубиной. В верхней части иллювиального горизонта (B_{1g}) наблюдается накопление рудяковых зерен и конкреций, а в нижней — формирование бурых уплотненных песчаных прослоек в виде ортандов.

4. На урбанизированных территориях интервал реакции сдвигается в сторону подщелачивания до 5,7 в центральной части парка. На участках, прилегающих к дорогам с низкой интенсивностью движения транспорта, pH возрастает до 6, а с высокой — даже до 6,6, т. е. приближается к нейтральной.

5. На участках парка, прилегающих к главной транспортной магистрали — Ленинградскому проспекту отмечается более высокий уровень содержания фосфора до 17–30 мг/100г. Его накопление приурочено к депрессиям микрорельефа, что, по нашему мнению, обусловлено поступлением данного элемента вместе со стоками в составе дорожных моющих средств.

6. В результате загрязнения почв наблюдается повышенное накопление сульфидов различных металлов, но их содержание не превышает ПДК. Наличие сульфидов косвенно способствует подщелачиванию среды вследствие протекающих процессов гидролиза.

7. Уровень содержания свинца в почвах парка высокий, но не превышает ПДК, т. е. составляет менее 6 мг/кг. Однако в местах максимального загрязнения (участок 23) он несколько выше (до 6,9 мг/кг), что обусловлено его попаданием вместе с выбросами автотранспорта.

8. В условиях антропогенеза в результате использования противогололедных материалов наблюдается незначительное повышение в химическом составе исследованных почв на участках 16, 18 и 23 хлорид-иона (до 0,01 %), что не превышает ПДК и не является токсичным для большинства древесных растений.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПАРКА

Снижения негативного воздействия на почвы и улучшения их общего состояния можно добиться за счет реализации комплекса мероприятий, влияющих на состояние почв напрямую и опосредовано.

К мероприятиям первого рода относятся удаление нежелательных троп, распределение специально подготовленного почвогрунта по поверхности отдельных участков, а также разработка и реализация проекта создания инженерного сооружения, которое позволило бы канализировать стоки с Ленинградского проспекта на площади участков 6, 22 и 23. Мероприятия второго рода связаны в основном с перераспределением транспортных потоков машин по магистралям, прилегающим к территории парка, а также с выполнением мероприятий, позволяющих более равномерно распределять потоки отдыхающих по территории парка.

В настоящее время жестко лимитировано движение по ул. Парковой от магазина «Надым» к Дому природы мимо школы и детских садов, здесь установлены знаки «Пешеходная зона».

Создание в границах парка новых точек-аттракторов поможет более равномерно распределять поток отдыхающих по его территории. Разработка и грамотная реализация проекта создания «Сухого ручья» позволит исключить попадания стоков с автодороги на территорию сегментов, граничащих с участком 22. Одним из вариантов сбора отводимой воды может стать размещение небольшого водоема (пруда) на территории участка 22.

Мероприятия прямого действия также необходимо реализовывать. Прежде всего рекомендуется ликвидировать нежелательные тропы, имеющиеся на территории парка. Для этого потребуются специально подготовленный почвогрунт, который используется для создания газонов. Почвогрунт необходимо поместить в ложе тропы и прикатать сверху специальным катком, после чего посеять смесь газонных трав, адаптированную к климатическим условиям Ямала. Посев газонной травы позволит почвогрунту закрепиться, будет препятствовать его смыву.

Общая протяженность троп, которые требуется удалить — 1930 м, их средняя ширина 1 м, глубина необходимого слоя — 0,05 м. Таким образом для покрытия нежелательных дорожек потребуется 98 м³ почвогрунта.

На территории парка есть две крупные территории с оголением песка, одна из них расположена на участке 5 (площадь — 579 м²), вторая — в границах участка 12 (площадь — 736 м²). Общая площадь парка, занятая песками, составляет 1315 м². Объем подготовленного почвогрунта, необходимого для восстановления поверхностного слоя почв (глубина слоя — 0,05 м), составляет 66 м³. Эта цифра может быть снижена практически в два раза, если будет принято решение закрыть открытый песок на участке 5 (рядом со школой и проектируемой экотропой) комбинированной площадкой для игровых видов спорта. Распределенный грунт должен быть прикатан и засеян смесью адаптированных газонных трав. На участке 12 необходимо запланировать посадку 20 экземпляров кедра, что будет способствовать дополнительному закреплению почвогрунта. Участки требуют проведения ежегодной инвентаризации с целью своевременного обнаружения новых нарушений.

Следующим важным мероприятием, направленным на улучшение состояния почвенных условий, является уход за деревьями, часть корневой системы которых оголена. Уход должен заключаться во внесении в пристволовой круг (R=2 м вокруг ствола) таких деревьев специальным образом подготовленного почвогрунта. Средняя высота наносимого слоя — 0,05 м. Итого объем почвогрунта, необходимого для внесения под одно дерево составляет 0,6 м³. Общее число деревьев с оголенными корнями на территории парка — 1089. Арифметический подсчет показывает, что для реализации данного

мероприятия потребуется дополнительно 650 м³ специально подготовленного грунта. Общий объем необходимого почвогрунта составит таким образом 814 м³.

В настоящее время налажено производство почвогрунта, имеющего в своем составе низинный, хорошо разложившийся, проветренный, слабо кислый торф, песок и другие органические добавки. Песок является балластом. При добавлении песка в торф (в соотношении 1:3) повышаются воднофизические и агрохимические характеристики смеси, увеличиваются плотность и несущие способности растительной земли, активизируются микробиологические процессы. Растительная земля из торфа и песка имеет высокую степень зольности (60..80 %), содержит достаточное количество элементов минерального питания в доступной для растений форме (азот — 0,70...0,90 %, фосфор — 0,12...0,19 %, калий — 0,12...0,21 %). На последнем этапе подготовки почвогрунта можно внести в него семена газонной смеси и, тщательно перемешав, внести грунт в пристволовой круг. Прикатывание в этом случае стоит исключить.

Требуемый разовый объем грунта достаточно велик, поэтому может возникнуть необходимость реализации данного мероприятия на практике в течение 3–4 лет. В этом случае в первую очередь необходимо обеспечить внесение почвогрунта в пристволовые круги деревьев, расположенных на участках 4 и 5, а также на оголенные пески в пределах участков 5 и 12. На следующем этапе требуется обеспечить ликвидацию ненужных троп, а также оголения корней у деревьев центральных участков 7–10.

БИБЛИОГРАФИЯ

Администрация муниципального образования «Надымский район»: сайт. — URL: <http://nadyregion.ru/city/nature>.

Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Московского университета, 1970. 491 с.

Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск, 2004. 368 с.

ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов потенциометрическим методом.

Лесохозяйственный регламент Надымского лесничества Ямало-Ненецкого автономного округа // Фили-

ал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект». Салехард, 2011. 284 с.

Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высш. школа, 2001. 273 с.

Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.

Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий: учеб.-метод. пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.

THE ESTIMATION OF SOILS CONDITIONS IN KOZLOV PARK IN NADYM (YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT) AND RECOMMENDATIONS FOR ITS IMPROVEMENT

This article contains the results of estimation of soil condition in Kozlov Park in Nadym (Yamalo-Nenets autonomous district) which basis is the larch and cedar planting with a natural origin which was formed in the centre of large northern town in a process of its extension. This article contains the recommendations directed on improvement of soil conditions in Kozlov Park and stability augmentation to the high level influence from vacationers.

Keywords: sparse growth of larch and cedar trees, park, recreation, soil, podzolic, gley, fertility degradation, melioration.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ ХОЛОДНОГО СЕЗОНА НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ И ИХ СВЯЗЬ С ИНДЕКСАМИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ *

Работа посвящена анализу влияния атмосферной циркуляции на региональные изменения климата на территории п-ова Ямал. На основе спутниковых измерений и наземных данных исследованы временные ряды осадков холодного сезона и индексов атмосферной циркуляции.

Рассчитано пространственное распределение средних многолетних (1950–2010 гг.) сумм атмосферных осадков для территории полуострова Ямал за зимний сезон (декабрь–февраль). С использованием метода вейвлет-когерентности установлена зависимость изменчивости атмосферных осадков на территории п-ова Ямал от вариаций индексов Арктической осцилляции (АО) и Северо-Американского Тихоокеанского (PNA). Анализ спектров вейвлет-когерентности показал наличие квазипериодических межгодовых колебаний с периодами 2–4 и 8–12 лет для исследуемых временных рядов.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о возможном существовании двух механизмов воздействия колебаний характеристик океана и атмосферы в тропической области Тихого океана на климатические параметры в северных широтах. Показано, что длиннопериодные колебания тропического происхождения могут влиять на атмосферные осадки над территорией п-ова Ямал как в условиях преобладания широтных процессов (АО в положительной фазе, PNA в отрицательной фазе), так и в условиях преобладания меридиональных процессов (PNA в положительной фазе, АО в отрицательной фазе).

Ключевые слова: атмосферные осадки холодного сезона, вейвлет-когерентность, квазипериодические колебания, временная изменчивость абиотических факторов, полуостров Ямал.

ВВЕДЕНИЕ

Полуостров Ямал входит в состав Ямало-Гыданской арктической области, и для его ландшафтов характерны изменения, обусловленные широтными закономерностями распределения радиационного тепла, осадков и испарения. Повсеместно наблюдается сочетание сплошной толщи многолетнемерзлых рыхлых осадочных пород и равнинного макрорельефа с замедленным поверхностным стоком. На фоне современных климатических трендов это приводит к увеличению обводненности территорий, активизации термокарста, формированию новых озер и болот, что предельно усложняет в экологическом плане освоение богатейших запасов углеводородного сырья. Поскольку экологическая безопасность не может рассматриваться в отрыве от состояния окружающей природной среды и тенденций изменения гидрометеорологических условий, выявление

региональных особенностей климатических изменений на территории п-ова Ямал является актуальной задачей.

В последние десятилетия в Арктике произошли существенные изменения. Стало отмечаться значительное увеличение частоты прохождения и интенсивности циклонов, стала чаще проявляться экстремальность погодных условий, усилились межгодовые колебания ледовитости Северного Ледовитого океана [Дмитриев].

Для углубленного понимания причин происходящих изменений климата требуется анализ воздействия на рассматриваемую территорию различных климатообразующих факторов. Среди них важное место занимает атмосферная циркуляция, поскольку она (наряду с океанической) приводит к перераспределению тепла от низких к умеренным и высоким широтам. Цель данной работы — на основе данных дистанционного зондирования и наземных наблюдений с помощью мето-

* Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований СО РАН № 0383-2014-0002 «Пространственно-временная организация природных и природно-хозяйственных систем в водосборных бассейнах: стратегия водопользования и обеспечения гидроэкологической безопасности Сибири».

дов корреляционного, спектрального анализа, а также вейвлет-когерентности определить периодические составляющие временных рядов осадков на территории п-ова Ямал и индексов атмосферной циркуляции и показать эволюцию этих составляющих со временем. Кроме того, предполагается определить фазовые сдвиги между совместными колебаниями исследуемых параметров для определения причинно-следственных связей между определенными типами циркуляции атмосферы и изменениями осадков исследуемой территории.

Исследованию влияния атмосферной циркуляции на климат посвящено большое количество работ. Пространственно-временная структура полей метеорологических параметров характеризуется значительной неоднородностью, особенно во внетропических широтах. Пригодные для комплексного анализа данные в виде полей в достаточном объеме и с необходимым пространственно-временным разрешением охватывают лишь несколько последних десятилетий. Однако и за это время накоплено значительное количество спутниковой информации, ожидающей адекватного анализа.

Для количественной оценки пространственно-временного распределения атмосферных осадков на поверхности планеты в рамках программы исследования глобального климата (WCRP) был создан проект Global Precipitation Climatology Project (GPCP). В рамках проекта GPCP международной группой экспертов разрабатываются комбинированные массивы данных о количестве атмосферных осадков посредством объединения результатов спутниковых измерений, полученных в инфракрасном и микроволновом диапазонах, с массивами данных наземных наблюдений от более чем 6000 метеорологических станций. Наибольшая необходимость в таких данных существует для оценки увлажнения территории в труднодоступных удаленных регионах планеты с малой плотностью населения, большой пространственной протяженностью и находящимися в суровых климатических условиях, например, для территории Северной Евразии и Арктики.

Определение атмосферных осадков с помощью дистанционного зондирования основано на поглощении излучения на определенных длинах волн в инфракрасном и микроволновом диапазонах электромагнитного спектра. Дискретность наблюдений при использовании дистанционных методов, как правило, составляет один раз в сутки. Спутниковые данные по осадкам в инфракрасном диапазоне были получены с помощью космических аппаратов серии: GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite, США), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, США), GMS (Geostationary Meteorological Satellite, Япония) и Meteosat (Европейский союз). Для восстановления климатологической однородности временных рядов осадков было учтено влияние систематических погрешностей осадкомерных приборов, изменения методик выполнения измерений, числа сроков наблюдений в сутки, а также изменение во времени условий местоположения приборов. Выбранный разработчиками проекта подход обеспечил

доступность больших массивов данных для любого региона планеты и однородность их форматов, что отвечает современным требованиям практического использования данных. Архив GPCP в настоящий момент представляет собой наиболее полный массив данных, которые могут использоваться для изучения изменений пространственно-временного распределения атмосферных осадков как в региональном, так и в глобальном масштабах.

Основной характеристикой квазипериодических колебаний атмосферной циркуляции в северном полушарии в зимний сезон является индекс Арктического колебания (АО), характеризующий массообменные процессы между Арктикой и средними широтами, преобладание широтных или меридиональных процессов над внутриконтинентальными территориями, а также состояние циркумполярного вихря. Индекс Северо-Американского Тихоокеанского колебания (PNA) характеризует преобладание широтных или меридиональных процессов над северной частью тихоокеанского региона и состояние Восточно-Азиатского струйного течения [Wallace, Gutzler]. Индекс PNA связан с индексом Южного Колебания (SOI), его фаза определяется фазой индекса SOI [Barnston, Livezey].

Атмосферная циркуляция в значительной степени определяет режим увлажнения определенной территории [Безуглова, Зинченко, Суковатов; Ипполитов, Кабанов, Логинов; Кабанов, 2000; Кабанов, 2008; Нестеров]. В работах многих авторов [Дмитриев; Кабанов, 2008; Karen, Laurence; Grinsted, Moore, Jevrejeva; Jevrejeva, Moore, Grinsted; Torrence, Compo] установлена связь между Арктическим колебанием и характеристиками подстилающей поверхности и атмосферы на территории Северной Евразии.

Установлено существование двух типов межгодовых квазипериодических колебаний, которые могут генерироваться в тропической части Тихого океана: короткопериодные (2,2–5,7 лет) и длиннопериодные (8–13 лет). В рамках гипотезы, выдвинутой авторами ряда работ [Baldwin, Dunkerton; Castanheira, Graf; Jevrejeva, Moore, Grinsted], сделаны следующие предположения: короткопериодные колебания, по-видимому, являются проявлением квазидвухлетней и квазичетырехлетней цикличности в северных широтах. Они проявляются в Арктике через три месяца с момента их генерации в тропических широтах Тихого океана и передаются в северные широты через взаимодействие стратосферы и тропосферы. Длиннопериодные колебания проявляются в северных широтах примерно через два года после генерации в Тихом океане. Для них характерен более сложный механизм распространения: на первом этапе двоякие экваториальные волны (экваториальные волны Россби в атмосфере и волны Кельвина в океане) распространяются из западной части Тихого океана в восточную вдоль экватора. Далее они взаимодействуют с течениями в океане и атмосферными потоками вдоль американского континента. В результате, часть энергии в виде береговых волн Кельвина в океане и волн

Росси в атмосфере переносится в северное полушарие вдоль западной границы американского континента. Так колебания из тропической части Тихого океана достигают северных широт [Suginohara]. В настоящей работе на основе данных GPCP построено пространственное распределение количества атмосферных осадков на территории полуострова Ямал за зимний сезон года (декабрь–февраль), с использованием метода вейвлет-когерентности исследовано влияние колебаний тропического происхождения на временную изменчивость атмосферных осадков. Выделены статистически значимые моды квазипериодических колебаний анализируемых параметров, определены величины общих периодов, разности фаз колебаний анализируемых параметров и временная задержка.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Авторами выполнен анализ временных рядов индексов АО, PNA и количества осадков зимнего сезона, полученных по данным проекта GPCP для территории полуострова Ямал. В работе были использованы данные о месячных суммах осадков за период 1950–2010 гг. (http://precip.gsfc.nasa.gov/gpcp_v2.2_data.html). Для вычисления спектров вейвлет-когерентности использовался интегральный временной ряд сумм атмосферных осадков за зимний сезон, усредненных по территории полуострова Ямал. Данные для координатной области 66,5–73,0 с. ш., 66,5–73,5 в. д. были объединены в одну выборку и усреднены по пространству рассматриваемой области.

В качестве характеристик состояния атмосферной циркуляции использовались телеконнекционные индексы, полученные в результате разложения поля геопотенциала с использованием метода эмпирических ортогональных функций. Данные о телеконнекционных индексах можно найти на сайте Центра климатических прогнозов (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>).

МЕТОДЫ

Для построения пространственного распределения количества атмосферных осадков для территории полуострова Ямал использовалось, разработанное авторами программное обеспечение на языке программирования Python. Разработанные программные сценарии используют возможности библиотек Numpy, Scipy, Matplotlib, Basemap, а также системы команд Climate Data Operators (CDO), созданной специально для работы с временными рядами и геопространственными данными в специальных форматах (NetCDF, HDF и т. д.).

Анализ временной изменчивости количества атмосферных осадков и индексов циркуляции выполнялся с помощью метода вейвлет-когерентности.

Использование вейвлет-преобразования позволяет выявить колебания на определенных временных отрезках. Расчеты коэффициентов вейвлет-когерентности позволяют анализировать два физических явления, изменения в которых могут быть связаны с точки зрения климатической системы. Анализ значений коэффициен-

та вейвлет-когерентности позволяет установить наличие когерентных колебаний исследуемых квазипериодических процессов, причем амплитуды их колебаний могут быть невелики. Таким образом метод анализа вейвлет-когерентности может быть использован для установления возможных физических механизмов связи между исследуемыми явлениями.

Для коэффициентов когерентности используется вейвлет Морле (1) с параметром $\omega_0=6$, для которого оптимальны разрешения по временным масштабам и по времени (временному сдвигу).

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-1/2\eta^2} \quad (1)$$

Здесь ω_0 — безразмерная частота, η — безразмерное время. При использовании этого вейвлета в качестве базисной функции периоды совпадают с масштабами вейвлет-преобразования. По вертикальной оси отложены периоды в годах, по горизонтальной — сдвиг по времени в годах.

Для расчетов вейвлет-преобразования использовались программы, которые находятся в свободном доступе в сети [Grinsted, Moore, Jevrejeva]. Случайные составляющие для многих геофизических временных рядов могут быть смоделированы с помощью белого или красного шума [Torrence, Compo]. В процессе оценки статистической значимости результатов расчетов коэффициентов вейвлет-когерентности предполагалось, что фоновым сигналом является красный шум.

Вейвлет-когерентность двух временных рядов определяется соотношением [Torrence, Webster]:

$$R_n^2(s) = \left| S(s^{-1}W_n^X(s)) \right|^2 / S(s^{-1}|W_n^X(s)|^2) \cdot S(s^{-1}|W_n^Y(s)|^2) \quad (2)$$

Здесь в числителе — кросс-вейвлет спектр сигналов, в знаменателе стоит произведение вейвлет-спектров мощности каждого из них. S — усредняющий оператор [Grinsted, Moore, Jevrejeva].

На спектрах вейвлет-когерентности, изображенных на рис. 2–4, по вертикальной оси отложены периоды колебаний в годах, по горизонтальной — сдвиг по времени в годах. Области когерентности отмечены на спектре различными цветами, описание цветовой шкалы (взаимно-однозначное соответствие между цветами и значениями коэффициента когерентности) приведено на цветовой панели справа от спектра. Статистически значимые области когерентности, области, для которых превышен 95 % доверительный предел по мощности сигнала, ограничены широкими линиями. Тонкой линией выделен конус доверия, в пределах которого краевые эффекты, связанные с ограниченностью вейвлет-функции, не искажают результаты расчетов коэффициентов вейвлет-когерентности. Достоверными можно считать те области когерентности, которые ограничены широкими линиями и находятся внутри конуса доверия, ограниченного тонкой линией. Для визуализации результатов расчетов разности фаз колебаний на спектры нанесены стрелки. Направление стрелки вправо означает колебания в фазе, направление стрелки влево означает колебания в противофазе. Другие направления стрелок соответствуют промежуточным вариантам.

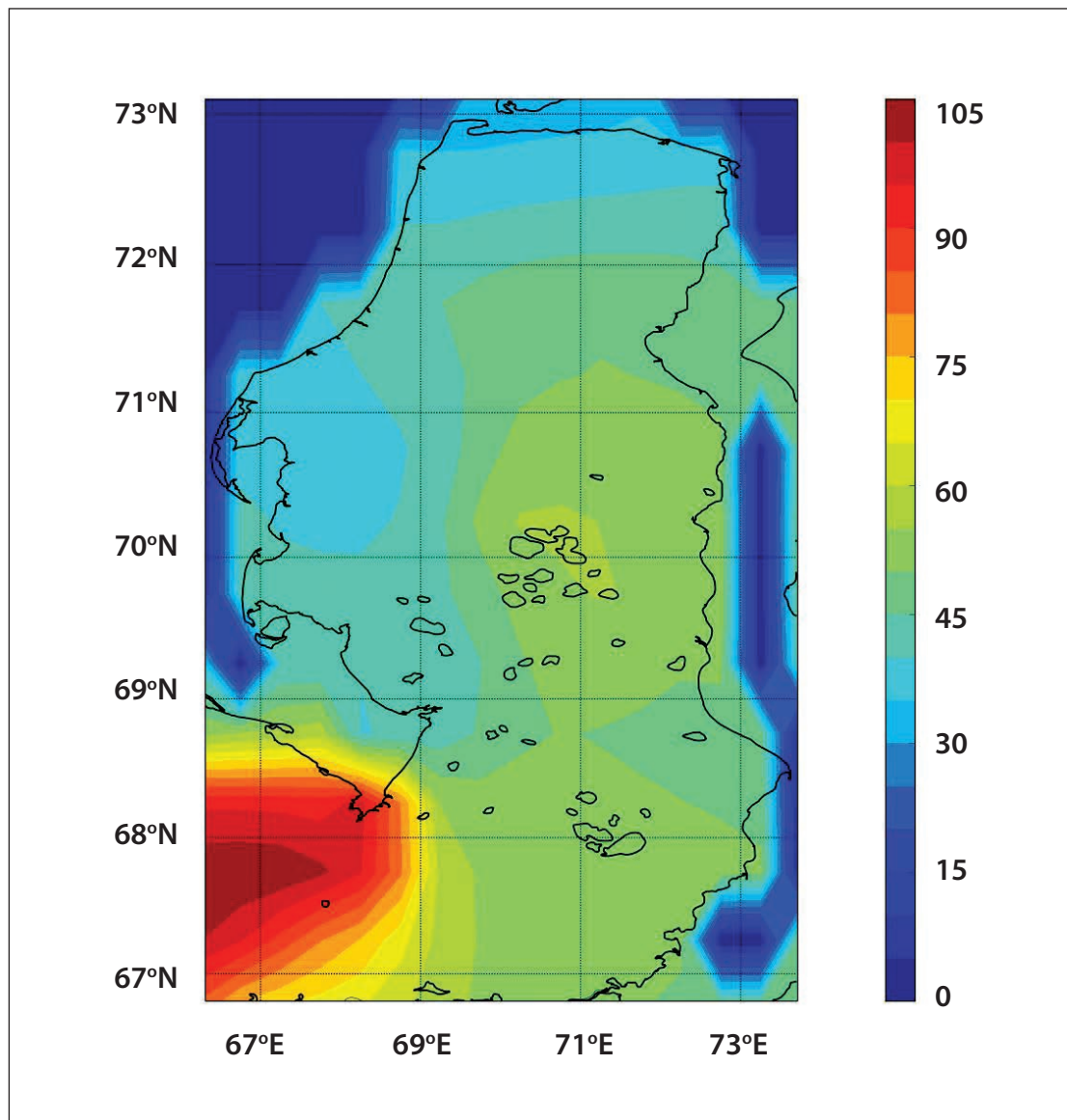


Рис. 1. Пространственное распределение средних многолетних (1950–2010 гг.) сумм атмосферных осадков для территории п-ова Ямал за зимний сезон (декабрь–февраль)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Атмосферные осадки холодного сезона по своему происхождению являются преимущественно фронтальными. Их источником являются атлантические циклоны [Wallace, Gutzler]. На рисунке 1 приведено пространственное распределение сумм атмосферных осадков за зимний сезон (декабрь–февраль) для территории п-ова Ямал, усредненных за период 1950–2010 гг. Справа от рисунка приведена цветовая панель, на которой указаны величины атмосферных осадков в миллиметрах и соответствующие им цвета.

Наибольшее количество атмосферных осадков наблюдается в юго-западной области полуострова (65–80 мм/сезон), расположенной на границе с Полярным Уралом. Менее увлажненными являются центральная, южная и восточная части полуострова (55–65 мм/сезон). Наименьшее количество осадков наблюдается в западной и северной областях п-ова Ямал (30–40 мм/сезон).

Для определения характеристик межгодовых когерентных колебаний анализируемых параметров были рассчитаны спектры вейвлет-когерентности для временных рядов сумм атмосферных осадков, усредненных по площади территории полуострова, и телеконнекционных индексов атмосферной циркуляции АО и PNA.

На спектрах вейвлет-когерентности атмосферных осадков и индекса АО (рис. 2) наблюдаются области когерентных колебаний с периодами 2–4 года и 8–12 лет. Колебания с периодами 2–4 года наблюдаются на временном интервале 1968–1978 гг., колебания индекса АО опережают по времени колебания атмосферных осадков на 1,5–3 месяца.

Длиннопериодные колебания (8–12 лет) наблюдаются на временном отрезке 1974–1997 гг., колебания происходят в фазе. На временном отрезке 1950–1958 гг. наблюдается еще одна область когерентности, соответствующая колебаниям с периодом 2–4 года,

но эта область выходит за пределы конуса доверия и не может считаться достоверной.

В условиях преобладания широтных процессов (положительная фаза АО) западно-восточный перенос усилен, атлантические циклоны приносят осадки на рассматриваемую территорию, в условиях преобладания меридиональных процессов (отрицательная фаза АО) западно-восточный перенос частично блокируется, количество осадков сокращается, таким образом колебания сумм атмосферных осадков и индекса АО должны быть скорее в фазе, что и наблюдается на спектре вейвлет-когерентности.

На спектрах вейвлет-когерентности индексов АО и PNA (рис. 3) наблюдаются две области когерентности, соответствующие колебаниям с периодами 4–6 и 8–10 лет. Колебания с периодами 4–6 лет наблюдаются на отрезке с конца 1987–1995 гг. Анализ разности фаз показал, что колебания АО отстают от колебаний PNA по времени на 6–9 месяцев. Колебания с периодами 8–10 лет наблюдаются на промежутке 1976–1995 гг. Колебания PNA отстают от колебаний АО на 1–1,25 года.

Колебания индексов происходят в противофазе. Наблюдаются также четыре моды колебаний с периодами 2–4 года, но области когерентности, соответствующие двум модам выходят за пределы конуса доверия, а две другие моды наблюдаются на временном интервале, меньшем чем периоды колебаний, поэтому эти колебания мы не рассматриваем. Атмосферные осадки подвержены влиянию длинных колебаний (с периодами 8–13 лет) через воздействие Арктической осцилляции в условиях преобладания широтных процессов. Арктическая осцилляция воздействует также на процессы в северной части тихоокеанского региона, это воздействие может быть проиллюстрировано на спектре вейвлет-когерентности индексов АО и PNA. В условиях преобладания меридиональных процессов, когда западно-восточный перенос частично блокирован и для рассматриваемой территории наблюдается заток арктического воздуха с севера и северо-востока, на изменчивость атмосферных осадков в рассматриваемом частотном диапазоне проявляется влияние индекса PNA.

На спектре вейвлет-когерентности атмосферных осадков и индекса Северо-Американского Тихоокеанского колебания (рис. 4) обнаружены области когерентности, соответствующие колебаниям с периодом около 2–2,5 года, наблюдаемые на временном интервале 1980–1985 гг. Колебания атмосферных осадков отстают от колебаний индекса PNA на 3 месяца. Кроме того, обнаружены колебания с периодами 8–11 лет на временном отрезке 1988–1999 гг.

Наблюдаемые колебания происходят в противофазе. На спектре наблюдаются колебания с периодами 14–18 лет на интервале 1950–1986 гг., но имеющейся длины ряда недостаточно, для того, чтобы считать их достоверными. Положительная фаза индекса PNA соответствует преобладанию меридиональ-

ных процессов, в этом случае, для рассматриваемой территории, наблюдается частичное блокирование западно-восточного переноса и вынос арктического воздуха в сторону континента с севера и северо-востока. Поскольку основным источником фронтальных атмосферных осадков в зимний сезон года являются атлантические циклоны, то количество атмосферных осадков при таких процессах может сокращаться, а значит колебания количества атмосферных осадков и индекса PNA должны быть скорее в противофазе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование комбинированных массивов данных, состоящих из спутниковых данных, полученных в инфракрасном и микроволновом диапазонах, а также данных сети станций наземных наблюдений позволяет исследовать пространственное распределение метеопараметров для территорий со слабо развитой сетью метеорологических станций, а также связи между характеристиками климатической системы в широком диапазоне пространственных и временных масштабов.

В настоящей работе с использованием комбинированных массивов данных исследовано пространственное распределение количества атмосферных осадков за холодный сезон года (декабрь–февраль) для территории п-ова Ямал. С использованием разработанного авторами программного обеспечения были проведены расчеты пространственного распределения средних многолетних сумм количества атмосферных осадков за период 1950–2010 гг. для зимнего сезона (декабрь–февраль) на территории п-ова Ямал.

Применение метода анализа вейвлет-когерентности позволило установить, что периодическая составляющая ряда осадков холодного сезона для межгодовых колебаний на территории п-ова Ямал в значительной степени зависит от колебаний индекса АО. В результате анализа спектров вейвлет-когерентности для атмосферных осадков на территории полуострова и индекса Арктической осцилляции за холодный сезон года установлено наличие квазипериодических межгодовых колебаний с периодами 2–4 года и 8–12 лет (рис. 2). Колебания, аналогичные длиннопериодным колебаниям указанного типа, были выделены для атмосферных осадков и индекса PNA (рис. 4), а также индексов АО и PNA (рис. 3). Таким образом получены дополнительные результаты, подтверждающие гипотезу о возможном существовании двух механизмов воздействия колебаний характеристик океана и атмосферы в тропической области Тихого океана на климатические параметры в северных широтах. Показано, что длиннопериодные колебания тропического происхождения могут влиять на атмосферные осадки над территорией п-ова Ямал как в условиях преобладания широтных процессов (АО в положительной фазе, PNA в отрицательной фазе), так и в условиях преобладания меридиональных процессов (PNA в положительной фазе, АО в отрицательной фазе).

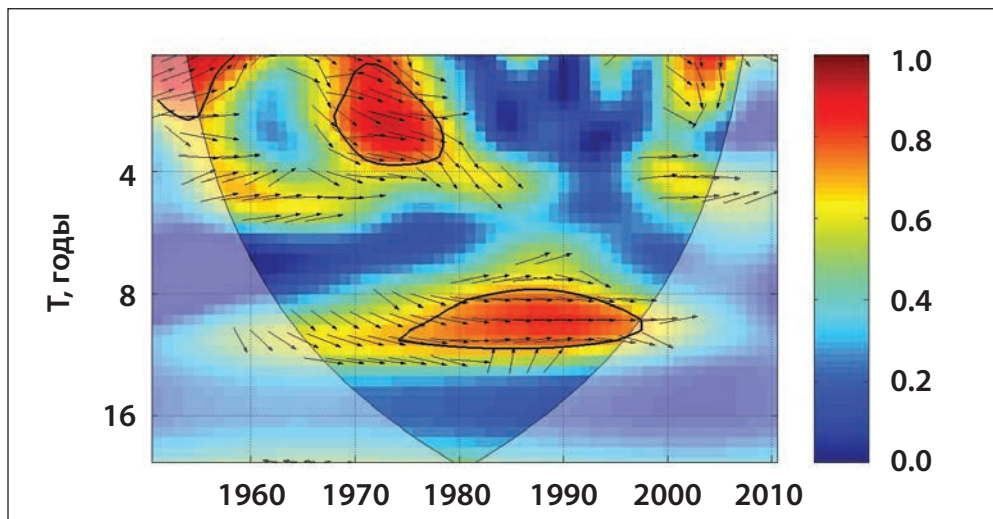


Рис. 2. Спектр вейвлет-когерентности количества атмосферных осадков зимнего сезона (декабрь–февраль) для территории п-ова Ямал и индекса АО

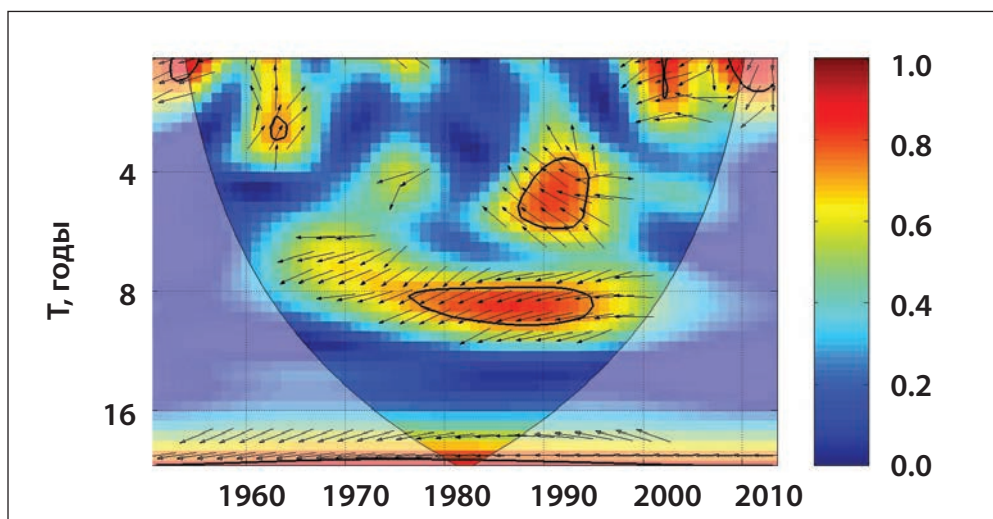


Рис. 3. Спектр вейвлет-когерентности индексов Арктического (АО) и Северо-Американского Тихоокеанского (PNA) колебаний за зимний сезон (декабрь–февраль)

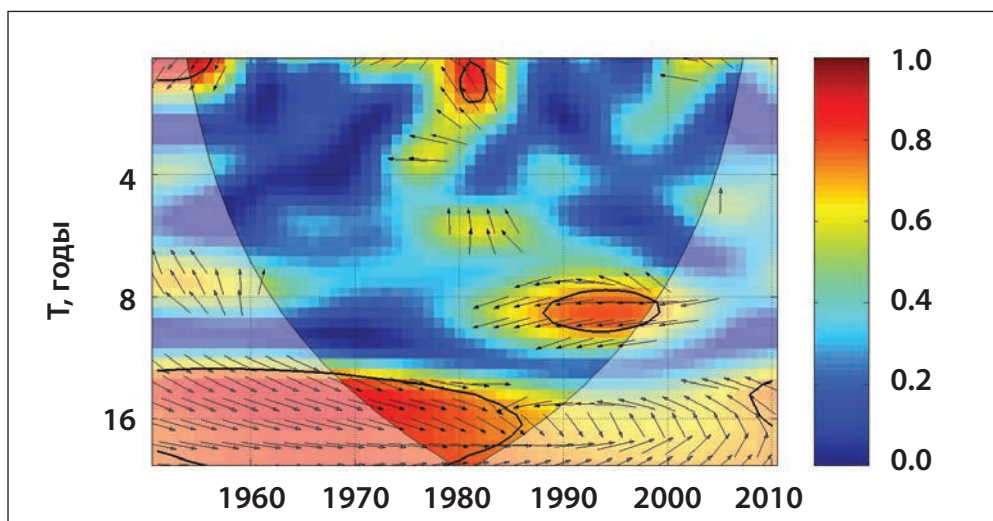


Рис. 4. Спектр вейвлет-когерентности количества атмосферных осадков зимнего сезона (декабрь–февраль) для территории п-ова Ямал и индекса PNA

БИБЛИОГРАФИЯ

- Бардин М. Ю., Полонский А. Б. Североатлантическое колебание и синоптическая изменчивость в Европейско-Атлантическом регионе в зимний период // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41, № 2. С. 3–13.
- Безуглова Н. Н., Зинченко Г. С., Суковатов Ю. А. Периодичность многолетних рядов приземных температур и некоторых индексов циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 1. С. 2224.
- Дмитриев В. Г. Актуальные задачи международного сотрудничества в Арктике: научные аспекты // Arctic Climate Issues. 2011. Arctic Anthology. Vol. 2–6. P. 176–204.
- Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В. Закономерности современных природно-климатических изменений в Сибири: периодичность приземных температур, давления и некоторых геофизических индексов // География и природные ресурсы. 2005. № 3. С. 13–20.
- Кабанов М. В. Некоторые закономерности климатических и экосистемных изменений в Сибири // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2008. № 4 (1). P. 312–322.
- Кабанов М. В. Природно-климатические изменения. Региональный мониторинг атмосферы / под общ. ред. М. В. Кабанова. Томск: МГП «РАСКО», 2000. Ч. 4. 270 с.
- Нестеров Е. С. О фазах североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. 2003. № 1. С. 64–74.
- Baldwin M. P., Dunkerton T. J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes // Science. 2001. № 294. P. 581–584.
- Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. № 115. P. 1083–1126.
- Castanheira J. M., Graf H. F. North Pacific-North Atlantic relationships under stratospheric control? // Journal of Geophysical Research. 2003. Vol. 108(D1). 4036. Doi: 10.1029/2002JD002754.
- Grinsted A., Moore J. C., Jevrejeva S. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series // Nonlinear Processes in Geophysics. 2004. № 11. P. 561–566.
- Jevrejeva S., Moore J. C., Grinsted A. Oceanic and atmospheric transport of multiyear El Nino-Southern Oscillation (ENSO) signatures to the polar regions // Geophysical Research Letters. 2004. Vol. 31. L24210. Doi: 10.1029/2004GL020871.
- Karen E. F., Laurence C. S. Recent temperature and precipitation increase in West Siberia and their association with Arctic Oscillation // Polar Research. 2003. Vol. 22 (2). P. 287–300.
- Suginohara N. Propagation of coastal-trapped waves at low latitudes in a stratified ocean with continental shelf slope // Journal of Physical Oceanography. 1981. № 11. P. 1113–1122.
- Thompson D. W. J., Wallace J. M. The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // Geophysical Research Letters. 1998. № 25 (9). P. 1297–1300. Doi:10.1029/98GL00950.
- Torrence C., Compo G. P. A practical guide to wavelet analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. 1998. Vol. 79. P. 61–78.
- Torrence C., Webster P. Interdecadal Changes in the ENSO-Monsoon System // Journal of Climate. 1999. № 12. P. 2679–2690.
- Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern hemisphere // Winter. Monthly Weather Review. 1981. № 109. P. 784–812.

TIME SCALE VARIATIONS OF COLD SEASON PRECIPITATION OVER THE YAMAL PENINSULA AND ITS RELATION TO ATMOSPHERIC CIRCULATION INDICES

This paper is devoted to analysis of influence of atmospheric circulation on regional climate change over the Yamal peninsula. The time series of cold season precipitation and circulation indices based on ground measurements results and satellite data were analyzed.

Spatial distribution for multi-year (1950–2010) average cold season precipitation over the Yamal peninsula were calculated. Using wavelet-coherence statistically significant linkage between cold season precipitation and AO and PNA patterns was demonstrated. Spectrum analysis derived common periods of 2–4 years and 8–12 years for studied time series. This results gave us additional evidence for the hypotheses of two different mechanisms of wave propagation from tropics to northern latitudes. The influence of long-period oscillations of tropical origin on time scale variations of cold season precipitation over the Yamal peninsula for cases of meridional and zonal flows predominance is shown.

Keywords: cold season precipitation, wavelet-coherence, quasi-periodic oscillations, time variations of abiotic environmental factors, Yamal peninsula.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ТАЗОВСКОМ РАЙОНЕ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

В статье представлены результаты исследования химического состава питьевой воды с водозабора села Антипаюта, поверхностных вод реки Паюта, питьевой воды централизованной системы водоснабжения пос. Тазовский. Отбор проб проводился с учетом требований государственных стандартов. Определялись следующие показатели: алюминий, аммиак и ионы аммония (по азоту), АПАВ (в пересчете на додецилсульфонат натрия), водородный показатель (рН), железо (общее), жесткость (общая), кадмий, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, мышьяк, натрий, нефтепродукты, никель, нитрат-ион, нитрит-ион, окисляемость перманганатная, ртуть, свинец, стронций, сульфат-ион, фосфат-ион, фенолы, хлорид-ион, хром (общий), цветность, цинк. Химико-аналитические работы проводились в стационарной лаборатории качества вод, устойчивости водных экосистем и экотоксикологии, а также в сертифицированной Федеральной службе по аккредитации лаборатории экологических исследований Тюменского государственного университета. Качество питьевых вод оценивали в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». Результаты исследования показали, что питьевая вода централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения села Антипаюта не соответствует требованиям СанПиНа по содержанию вредных химических веществ: железу и марганцу, в поселке Тазовский — по содержанию железа. Высокое содержание железа и марганца в воде снижает качество питьевой воды и может выступить фактором риска повышения заболеваемости населения.

Ключевые слова: питьевая вода, химические показатели, ЯНАО, тяжелые металлы, нефтепродукты, заболеваемость населения.

Согласно, статье 19 пункту 1 Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г., «питьевая вода должна быть безвредной по химическому составу» и соответствовать критериям безопасности. Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (СанПиН).

Цель исследования: провести оценку качества поверхностных и питьевых вод в селе Антипаюта и поселке Тазовский, и рисков для здоровья населения.

Представлены результаты исследований химического состава питьевой воды с водозабора с. Антипаюта — проба № 1, поверхностных вод р. Паюта — проба № 2, питьевой воды централизованной системы водоснабжения пос. Тазовский — проба № 3.

Отбор проб проводился с учетом требований государственных стандартов. Определялись следующие

показатели: алюминий, аммиак и ионы аммония (по азоту), АПАВ (в пересчете на додецилсульфонат натрия), водородный показатель (рН), железо (общее), жесткость (общая), кадмий, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, мышьяк, натрий, нефтепродукты, никель, нитрат-ион, нитрит-ион, окисляемость перманганатная, ртуть, свинец, стронций, сульфат-ион, фосфат-ион, фенолы, хлорид-ион, хром (общий), цветность, цинк.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

рН и щелочность определялись потенциометрическим методом, цветность — фотометрическим методом, сумма нитрат и нитрит ионов, фосфат-ионы, кремний — спектрофотометрическое определение, перманганатная окисляемость — титриметрическим методом, сульфат-ионы и хлорид-ионы — ион-хроматографическое определение (ICS-5000, Dionex, США). Методом капиллярного электрофореза определялись калий, натрий, кальций, магний. Содержание нефтепродуктов изучалось методом ИК-спектроскопии.

Концентрации металлов определялись атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией и пламенной атомизацией (ContrAA, Analytik-Jena, Германия).

Химико-аналитические работы проводились в стационарной лаборатории качества вод, устойчивости водных экосистем и экотоксикологии, а также в сертифицированной Федеральной службе по аккредитации лаборатории экологических исследований Тюменского государственного университета.

Качество питьевых вод оценивали в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщенные показатели качества питьевой воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и поверхностных вод в селе Антипаюта и поселке Тазовский представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обобщенные показатели качества питьевой воды и поверхностных вод в с. Антипаюта и пос. Тазовский

| Определяемый показатель | Проба № 1 | Проба № 2 | Проба № 3 | ПДК |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|
| Водородный показатель, ед. рН | 6,7 | 7,8 | 7,6 | 6–9 |
| Жесткость общая, °Ж | 0,612 | 0,647 | 0,96 | 7,0 |
| Перманганатная окисляемость, мгО, дм ³ | 13,0 | 11,0 | 12,0 | 5,0 |
| Аммиак и ионы аммония (по азоту), мг/дм ³ | 0,158 | 0,131 | 0,107 | 2,0 |
| Нефтепродукты, мг/дм ³ | 0,048 | 0,077 | 0,026 | 0,1 |
| АПАВ, мг/дм ³ | 0,03 | 0,0195 | 0,098 | 0,5 |

Примечание: проба № 1 — питьевая вода с водозабора с. Антипаюта, проба № 2 — поверхностные воды р. Паюта, проба № 3 — питьевая вода централизованной системы водоснабжения пос. Тазовский.

Нейтральные воды с высоким суммарным содержанием органических веществ, окисляемых сильными химическими окислителями. Окисляемость воды во всех исследованных пробах превышает ПДК в два и более раз. Содержание в воде нефтепродуктов, ионов аммония, фенолов, сульфат-ионов, хлорид-ионов, фосфат-ионов и АПАВ было в пределах нормальных величин.

Концентрации химических веществ 2-го класса опасности: алюминия, кадмия, свинца, мышьяка и стронция

не превышают гигиенические нормативы (табл. 2). К веществам 3-го класса опасности относятся: железо, марганец, никель, хром, медь, цинк. Концентрация железа во всех пробах воды была выше соответствующего значения ПДК_{вп}. В пробе № 1 содержание железа в питьевой воде в 6,3 раза выше нормативного значения (1,88 мг/дм³ против 0,3 мг/дм³). Максимальное содержание марганца 3,8 ПДК в питьевой воде с. Антипаюта пробы № 1 и в поверхностных водах р. Паюта 3,7 ПДК.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в питьевой воде и поверхностных водах в с. Антипаюта и пос. Тазовский

| Определяемый показатель | Проба № 1 | Проба № 2 | Проба № 3 | ПДК |
|------------------------------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| Железо, мг/дм³ | 1,88 | 1,65 | 1,1 | 0,3 |
| Марганец, мг/дм³ | 0,38 | 0,37 | 0,0773 | 0,1 |
| Алюминий, мг/дм ³ | 0,0134 | 0,0173 | 0,0107 | 0,5 |
| Никель, мг/дм ³ | 0,0053 | <0,005 | 0,0051 | 0,1 |
| Хром, мг/дм ³ | 0,0029 | 0,0028 | 0,00184 | 0,05 |
| Кадмий, мг/дм ³ | <0,0002 | <0,0002 | <0,0001 | 0,001 |
| Медь, мг/дм ³ | <0,0006 | <0,0006 | 0,0029 | 1,0 |
| Цинк, мг/дм ³ | <0,0005 | <0,0005 | 0,09 | 5,0 |
| Свинец, мг/дм ³ | 0,000233 | 0,00069 | 0,00118 | 0,03 |
| Стронций, мг/дм ³ | <0,25 | 3,7 | <0,25 | 7,0 |

Примечание: проба № 1 — питьевая вода с водозабора с. Антипаюта, проба № 2 — поверхностные воды р. Паюта, проба № 3 — питьевая вода централизованной системы водоснабжения пос. Тазовский.

Железо и марганец являются одними из самых распространенных элементов в земной коре и типичными загрязнителями питьевых вод в ЯНАО, высокие концентрации которых связаны с зонально-провинциальными гидрохимическими особенностями поверхностных

и подземных вод [Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия ...].

Таким образом питьевая вода централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения села Антипаюта не соответствует требованиям СанПиНа по содержанию

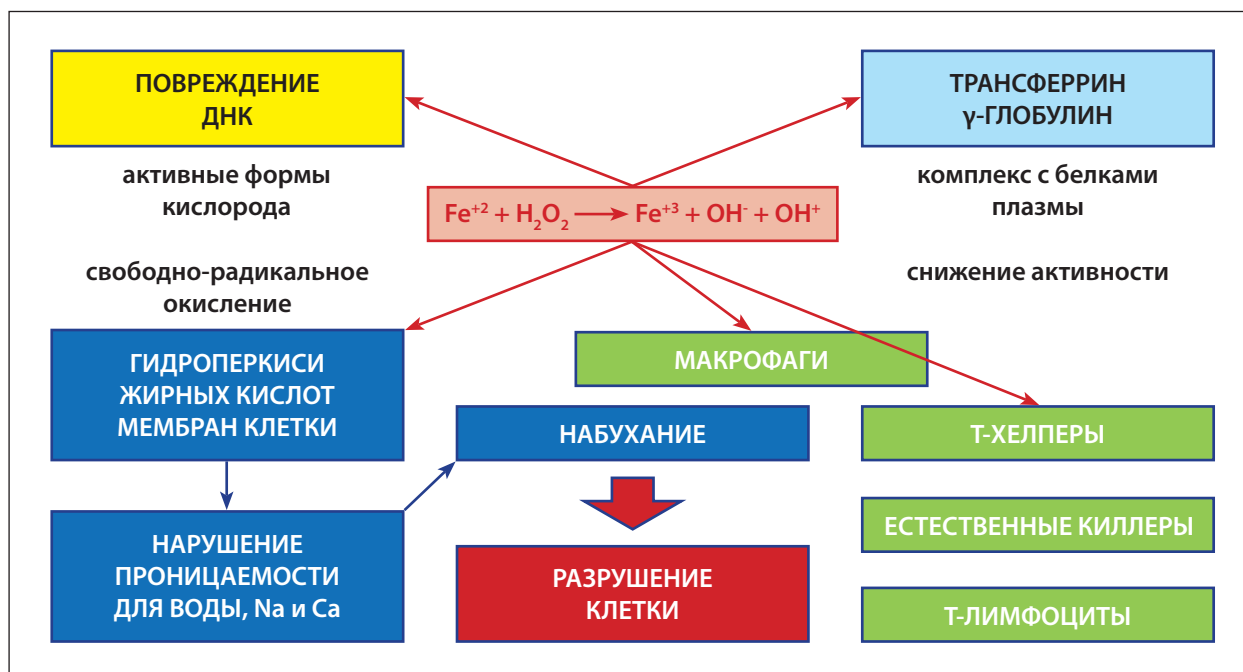


Рис. 1. Механизм токсичности железа

вредных химических веществ: железу и марганцу, в поселке Тазовский — по содержанию железа. Высокое содержание железа и марганца в воде снижает качество питьевой воды и может выступать фактором риска повышения заболеваемости населения.

Железо и марганец являются петрогенными элементами и определяют фазовый (минеральный) состав системы. Ближайшие месторождения марганца расположены в Свердловской области «Полуночное» и на Новой Земле «Северо-Тайнинское». В окружающую среду марганец поступает в процессе выветривания марганецсодержащих минераловильменита, пиролюзита, манганита, браунита или выщелачивания железомарганцевых руд. Марганец, выходящий с грунтовыми и подземными водами, в аэробной среде окисляется кислородом до оксида марганца и в виде железо-марганцевых корок накапливается на дне рек и озер. Оксиды марганца окисляют гуминовые и фульвокислоты до низкомолекулярных соединений (солей пировиноградной кислоты). Железо (III) и микробиота выступают в роли катализатора процесса окисления марганца (II). В почвах марганец (II) может устойчиво существовать в растворе, не окисляясь, благодаря комплексообразованию с почвенными фульвокислотами, аналогично поведению растворенного железа (II) [Юдович, Кетрис].

Железо поступает в поверхностные воды в результате процессов химического выветривания горных пород и минералов — гетита, гидрогетита, гематита, магнезита и сидерита. В природных водах железо находится в растворенной и коллоидной формах. В кислой водной среде железо мигрирует в виде двухвалентного иона Fe (II), который легко окисляется до Fe (III) и далее выпадает в виде осадка гидроксида железа Fe(OH)₃. В водах тундровой зоны железо является типоморфным элементом,

в лесотундровой зоне повышается подвижность железа из-за увеличивающейся степени заболоченности, интенсивности глеевых процессов в почвах водосборов озер [Кремлева и др.].

Железо является типичным загрязняющим веществом питьевых вод не только в Ямало-Ненецком автономном округе, но и в целом в России [Мысякин, Королик; Юрченко]. Высокие концентрации железа в питьевой воде выявлялись в Амурской области [Платонова, Пакушина], в Орловской области (г. Орел, Болхова, Ливны) [Канатникова, Кочкарев], Кировском районе Ленинградской области [Горбанев и др.], в Оренбуржье [Сквалецкий, Гейде, Кобяков], в Новосибирской области [Янчук, Крашенинина], в Белгородской области [Голдовская-Перистая и др.].

Повышенные концентрации железа в питьевой воде не только ухудшают органолептические свойства воды, но и влияют на показатели здоровья населения. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием железа приводит к заболеваниям печени и крови, вызывает аллергические реакции, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию [Лутай]. Есть данные, указывающие на возможную связь повышенного содержания железа в питьевой воде и заболеваемостью населения болезнями крови и кроветворных органов [Клинская, Пьяников, Бондарева]. Заболевания кожи могут быть обусловлены содержанием в питьевой воде железа. Риск выше допустимого определен для Краснодарского, Хабаровского, Забайкальского краев, Ивановской, Архангельской областей [О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ ...]. В эколого-гигиеническом исследовании установлены положительные корреляции между показателями



Рис. 2. Механизм развития нейропсихологических нарушений при повышенном содержании марганца в крови (по [Зайцева и др.])

заболеваемости населения болезнями мочеполовой системы и концентрациями железа в воде [Агбалян].

Высокие концентрации железа в воде увеличивают риск тяжелых форм атопического дерматита и могут приводить к дефициту цинка в организме [Шарова]. Высокое потребление железа может снижать количество адсорбированного цинка [Физиологическая роль цинка ...]. Роль цинка в организме определяется металлопротеидами, в состав которых он входит. От этого элемента зависит состояние репродуктивной, нервной, иммунной систем, ЖКТ и кожи. Цинк участвует в процессе ингибирования апоптоза и стимулирует синтез ДНК [Ребров, Громова], оказывает прямое влияние на рост и пролиферацию клеток [Авцын]. Цинк входит в состав супероксиддисмутазы и за счет антиоксидантных свойств выполняет функции кофактора процессов репарации и регенерации, стабилизирует проницаемость цитоплазматических мембран, поврежденных продуктами перекисного окисления липидов [Ребров, Громова].

Механизмы токсичности железа связаны с окислением в крови двухвалентного железа в трехвалентное. Ионы Fe (III) образуют комплексы с белками плазмы, подавляют функцию цитотоксических Т-лимфоцитов и влияют на иммунорегуляцию (рис. 1) [Тихонов, Цыган].

Наличие в клетках Fe (II) увеличивает скорость образования гидроксильных радикалов и других активных форм кислорода. Неспецифическое связывание Fe (II) молекулой ДНК облегчает образование гидроксильных радикалов, которые разрушают структуру азотистых оснований [Биохимия]. Наиболее подвержены действию активных форм кислорода жирные кислоты — компоненты клеточной мембраны, при повреждении которых нарушается клеточный метаболизм. Избыточная про-

дукция активных форм кислорода провоцирует развитие свободно-радикальной патологии.

Марганец относится к эссенциальным элементам с нейротропным эффектом действия, принимающим участие в формировании костной и соединительной тканей, свертывании крови, синтезе нейромедиаторов. При повышенных уровнях поступления в организм марганца превращается в токсикант (3-го класса опасности). Марганец легко проникает через гематоэнцефалический барьер [Шаршенова].

Основным негативным эффектом при избыточном поступлении марганца с питьевой водой является поражение центральной нервной системы [Мизунина]. У детей, потребляющих питьевую воду с повышенными концентрациями марганца до 3,5 ПДК, фиксируется повышенное содержание марганца в крови — в 4,5 раз превышающее референтные величины [Зайцева и др.]. Воздействие марганца на нервную систему характеризуется множественными негативными эффектами, которые сводятся к нарушению процессов возбуждения и торможения в ЦНС (рис. 2). Нарушения проявляются от незначительных неврологических изменений до симптомов, напоминающих болезнь Паркинсона [Lucchini, Martin, Doney].

О высоком уровне бионакопления железа и марганца жителями Ямало-Ненецкого автономного округа свидетельствуют данные фоновых значений в волосах обследованных жителей, проживающих на территории региона. Фоновый уровень железа для жителей Ямальского региона составляет $29,12 \pm 1,51$ мкг/г и превышает верхнюю границу нормативного диапазона (25 мкг/г). Региональные фоновые значения по марганцу в волосах обследованных жителей региона в два раза выше верхней границы нормативного диапазона ($2,1 \pm 0,12$ мкг/г против 1,0 мкг/г). Обследованные лица Надымского района отличались

максимально высокими средними уровнями содержания железа ($63,4 \pm 5,03$ мкг/г) и марганца ($4,28 \pm 0,39$ мкг/г) в водах, более чем в 2,5 и 4 раза соответственно превышая верхние уровни нормы [Кирилюк и др.].

Таким образом питьевая вода централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения села Антипа-

юта не соответствует требованиям СанПиНа по содержанию вредных химических веществ: железу и марганцу, в поселке Тазовский — по содержанию железа. Высокое содержание железа и марганца в воде снижает качество питьевой воды и может выступать фактором риска повышения заболеваемости населения.

БИБЛИОГРАФИЯ

Авцын А. П. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.

Агбалян Е. В. Оценка качества поверхностных вод и здоровье населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Экомониторинг. 2013. № 6. С. 32–37.

Агбалян Е. В., Шинкарук Е. В. Изучение мутагенной активности питьевого водоснабжения в городе Надым Ямало-Ненецкого автономного округа // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты» 30 июня 2015 г. Тамбов. 2015. Т. 1. С. 11–16.

Биохимия: учеб. для вузов / под ред. Е. С. Северина. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2003. 779 с.

Голдовская-Перистая Л. Ф., Перистый В. А., Шапошников А. А., Денисов Е. А. Оценка качества питьевой воды Белгородской области по химическому составу и свойствам // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2008. Т. 7, № 7. С. 66–70.

Горбанев С. А., Белова Л. Е., Девяткина А. А., Велико О. А., Алгиев В. Н., Белоусова Т. П. К вопросу организации обеспечения населения Кировского района Ленинградской области доброкачественной питьевой водой // Профилактическая и клиническая медицина. 2014. № 4 (53). С. 15–19.

Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2013 году. Салехард, 2014. 264 с.

Зайцева Н. В., Землянова М. А., Звездин В. Н., Мазунина Д. Л. Научное обоснование биомаркеров эффекта в условиях неприемлемого риска воздействия факторов среды обитания // Scientific — Practical Journal of Medicine. "VestnikKazNMU". 2014. № 3 (1). С. 79–83.

Калетина Н. И., Калетин Г. И., Брусиловский А. И. Возможности гамма-резонансной (мессбауэровской) спектроскопии в оценке влияния микроэлементов на регуляцию апоптоза // Микроэлементы в медицине. 2005. Т. 6 (3). С. 29–34.

Канатникова Н. В., Кочкарев В. Р. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде городов Орловской области // Ученые записки Орловского государственного университета. 2008. № 2. С. 15–18.

Кирилюк Л. И., Захарина Т. Н., Бахтина Е. А., Буганов А. А. Экологический риск в отношении формирова-

ния заболеваний сердечно-сосудистой системы у жителей Ямальского региона // Сборник научных трудов ГУ НИИ медицинских проблем Крайнего Севера РАМН за 2005 год. 2005. № 3. С. 286–296.

Клинская Е. О., Пьяников А. А., Бондарева Д. Г. Железо в источниках питьевых вод Еврейской автономной области как возможный фактор риска повышенной заболеваемости населения // Региональные проблемы. 2009. № 11. С. 59–62.

Кремлева Т. А., Моисеенко Т. И., Хорошавин В. Ю., Шавнин А. А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 80–89.

Лахин А. В., Тарантул В. З., Генинг Л. В. Индуцированный марганцем некорректный синтез ДНК как возможная причина манганизма // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2014. № 1. С. 15–21.

Лутай Г. Ф. Химический состав питьевой воды и здоровье населения // Гигиена и санитария. 1992. № 1. С. 13–15.

Лушников Е. Ф., Абросимов А. Ю. Гибель клетки (апоптоз). М.: Медицина, 2001. 192 с.

Мизунина Д. Л. Негативные эффекты марганца при хроническом поступлении в организм с питьевой водой // Экология человека. 2015. № 3. С. 25–31.

Мысякин А. Е., Королик В. В. Зависимость качества питьевой воды от режимов водопользования и типов водопроводных труб // Гигиена и санитария. 2010. № 6. С. 31–33.

Научно-методические и законодательные основы обеспечения генетической безопасности факторов и объектов окружающей и производственной среды в целях сохранения здоровья человека // Материалы объединенного Пленума научных советов РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды и по медико-экологическим проблемам здоровья трудящихся / под ред. Ю. А. Рахманина и Н. Ф. Измерова. М.: ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАН, 2010. 240 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2013 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2014. 191 с.

Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека: метод. рекомендации / Беляева Н. Н., Сычева Л. П., Журков В. С., Шамарин А. А., Коваленко М. А. Гасимова З. М., Нейманзаде И. К., Чуприна О. В., Шереметьева С. М., Можалева Т. Е., Олесинов А. А., Шенцева Е. В., Александрова В. П., Пономарева О. Ю., Горелова Ж. Ю., Александровский С. Б., Стацук Т. А. М.: ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАН, 2005. 37 с.

Платонова Т. П., Пакулина А. П. Экологическая оценка ресурсов питьевых вод Амурской области // Естественные и технические науки. 2012. № 5. С. 229–234.

Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях / под ред. Ю. А. Рахманина, Л. П. Сычевой. М.: Гениус, 2007. 312 с.

Ребров В. Г., Громова О. А. Витамины, макро- и микроэлементы. Обучающие программы РСЦ института микроэлементов ЮНЕСКО. М.: GEOTAP–Медиа, 2008. 955 с.

Ревич Б. А. Экологическая эпидемиология: Учебник для высш. учеб. заведений / Б. А. Ревич, С. Л. Авалиани, Г. И. Тихонова. Под ред. Б. А. Ревича. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 384 с.

Сквалецкий Е. Н., Гейде Э. Г., Кобяков О. С. Экологические проблемы питьевого водоснабжения в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 3. С. 107–109.

Сычева Л. П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека // Медицинская генетика. 2007. № 11. С. 3–11.

Сычева Л. П. Цитогенетический мониторинг для оценки безопасности среды обитания человека // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 68–72.

Тихонов М. Н., Цыган В. Н. Общие механизмы токсичности металлов. СПб., 2010. 310 с.

Физиологическая роль цинка и коррекция его содержания в организме / Справочно-информационное издание для врачей (малая энциклопедия цинка). М.: Б. и., 2008. 26 с.

Шарова Н. В. Особенности поражения кожи у детей с избыточным содержанием железа в питьевой воде: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Смоленск, 2002. 23 с.

Шаршенова А. А. Токсикологические исследования содержания тяжелых металлов в биосредах организма детей // Здоровье населения и среда обитания. 2004. № 3 (132). С. 9–11.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия марганца в процессах гипергенезиса: обзор // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2013. № 5 (1). С. 21–36.

Юрченко С. Г. Распределение и формы нахождения железа и марганца в водопроводной воде г. Владивосток // Вода: химия и экология. 2012. № 1. С. 17–23.

Янчук Е. В., Крашенинина Г. И. Гигиеническая характеристика минерального состава воды подземных источников на территории Новосибирской области // Медицина и образование в Сибири. 2014. № 3. С. 40–43.

Beckman R. G., Mildvan A. S., Loeb L. A. On the fidelity of DNA replication: manganese mutagenesis in vitro // Biochemistry. 1985. № 24. P. 5810–5817.

Kirsch-Volders M., Vanhauwaert A., De Boeck M., Decordier I. Importance of detecting numerical versus structural chromosome aberration // Mutation Research. 2002. Vol. 504, № 1–2. P. 137–148.

Lucchini R. G., Martin C. J., Doney B. C. Neuromolecular // Medicine. 2009. № 11. P. 311–321.

CHARACTERISTIC CHEMICAL PARAMETERS OF WATER QUALITY IN THE TAZOVSKY DISTRICT OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

The article presents the results of a study of the chemical composition of drinking water from the water intake of the village of Antipayuta, surface water of the river Payuta, drinking water centralized water supply system village Tazovskiy. Sampling was conducted subject to the requirements of state standards. Were determined the following parameters: aluminum, ammonia and ammonium ions (on nitrogen), anionic surfactants (based on dodecylsulfonate sodium), pH value (pH), iron (total), hardness (total), cadmium, potassium, calcium, cobalt, silicon, magnesium, manganese, copper, arsenic, sodium, petroleum products, Nickel, nitrate ion, nitrite-ion, permanganate oxidation, mercury, lead, strontium, sulfate ion, phosphate ion, phenol, chloride ion, chromium (total), chroma, zinc. The chemical analytical work was carried out in the stationary laboratories of water quality, sustainability of aquatic ecosystems, and ecotoxicology, as well as in certified by Federal service of accreditation of the laboratory of environmental studies of the Tyumen state University. The quality of drinking water was evaluated in accordance with the requirements of SanPiN 2.1.4.1074-01 "Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply". The results of the study showed that drinking water of centralized drinking water supply of the village of Antipayuta does not meet the requirements of SanPiN on content of harmful chemical substances: iron and manganese, in the village of Tazovsky — iron content. The high content of iron and manganese in water reduces the quality of drinking water and may act as a risk factor for increased morbidity of the population.

Keywords: drinking water, chemical parameters, YaNAO, heavy metals, petroleum products, population morbidity.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ ТЕРРИТОРИИ БОВАНЕНКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПОЛУОСТРОВ ЯМАЛ) *

В статье рассмотрены особенности видового разнообразия и структуры растительного покрова разнотипных водных экосистем (река Сё-Яха (Мутная), ее пойменные старицы, озера Нгарка-Нерадсалято, Недормато и Пелхато), расположенных на территории Бованенковского НГКМ. Показано, что для водоемов и водотоков этой территории характерна бедность видового состава и слабое развитие зарослей макрофитов. Обнаружено два вида, не указанных ранее для территории Ямала. Отмечено, что во флоре преобладают виды, максимально освоившие пространства циркумполярной Арктики, тогда как виды с узким ареалом находятся в минимуме, что является региональной особенностью флоры Ямала. Определено, что характер увлажнения территории определил преобладание во флоре водно-болотных видов, а короткий вегетационный период и низкие температуры — бедность видового разнообразия погруженных водных растений. Выявлено, что в сложении растительного покрова исследованных водоемов и водотоков доминируют растения, предпочитающие воды с невысоким и средним содержанием питательных веществ (олиго-мезотрофы и мезо-эвтрофы).

Ключевые слова: флора, растительность, водоемы, водотоки, полуостров Ямал.

ВВЕДЕНИЕ

Полуостров Ямал (66°–74° с. ш.) расположен на севере Западно-Сибирской равнины между Байдарцкой и Обской губами. Его длина — более 770 км, ширина — 150–200 км. Полуостров характеризуется хорошо и равномерно развитой гидрографической сетью. Наиболее крупные реки Еркутаяха, Юрибей, Харасавэй и др. Все они типично равнинные с небольшими уклонами долин и значительной извилистостью русел, пойменные террасы сильно заозерены и заболочены. Особенностью территории является питание рек преимущественно за счет поверхностного стока, при этом дождевое питание значительно уступает снеговому питанию. Подземная составляющая в речном стоке из-за повсеместного развития вечной мерзлоты практически отсутствует [Природа Ямала; Пыстина и др.; Современное состояние водных ресурсов ...].

П-ов Ямал находится в тундровой зоне Голарктики, в пределах которой выделено 4 подзоны: 1) северной лесотундры; 2) южных тундр; 3) северных

гипоарктических тундр; 4) арктических тундр с двумя полосами — южной и северной [Ребристая, 2013]. Исследуемая территория Бованенковского месторождения относится к подзоне северных гипоарктических тундр. Это холмисто-увалистая равнина, прорезанная крупными реками (Ясавей, Сё-Яха (Мутная) и др.). Заозеренность территории высокая, широко распространены термокарстовые озера со средней глубиной 1,2–2,3 м, питающиеся в основном тальми водами, приток которых во все сточные и бессточные озера происходит с ограниченных по площади водосборов. Заболоченность территории — до 50 % площади. В ландшафтной структуре на вершинах увалов преобладают ерниково-ивовые (*Salix glauca*) моховые тундры, на отдельных песчаных останцах — кустарничковые (*Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idea*, *Salix nummularis*) тундры, в озерных депрессиях и долине р. Сё-Яха (Мутная) — гомогенные осоковые и пушицевые болота.

В результате разработки Бованенковского НГКМ территория находится под сильным антропогенным

* Работа выполнена по госбюджетному проекту и при поддержке ГКУ «Научный центр изучения Арктики» и МЭЦ «Арктика» (г. Салехард).

прессом, что выражается в уничтожении многих экотопов, особенно вдоль высокого правого берега р. Сё-Яха (Мутная) [Пыстина и др; Ребристая, 2013].

В задачи данной работы входило изучение видового разнообразия и структуры растительного покрова водоемов и водотоков Бованенковского НГКМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основе результатов полевых исследований, проведенных в августе 2015 г. на территории Бованенковского НГКМ (п-ов Ямал), а также литературных данных. Полевые исследования включали сбор гербария и флористические описания фитоценозов на отдельных участках р. Сё-Яха (Мутная) и ее пойменных старицах, в озерах Нгарка-Нерад-саято, Недармато и Пелхато, а также на временных водоемах и заболоченных участках на территории месторождения. Исследования проводили стандартными методами [Руководство по гидробиологическому мониторингу ...]. Используемая в работе номенклатура таксонов по сосудистым растениям соответствует [Черепанов], по мохообразным — [Свириденко; Ignatov et al.].

ИСТОРИЯ БОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯМАЛА

Ботанические исследования п-ова Ямала можно разделить на несколько этапов:

1-й этап: конец XIX начало XX вв. — период получения первичной информации о растительности полуострова [Генкель; Житков]. Как правило, эти экспедиции были организованы Русским ботаническим обществом. При исследовании было отмечено, что флора Ямала очень своеобразна и имеет низкое видовое разнообразие. Общее число известных к этому моменту видов не превышало 120 [Ребристая, 2013].

2-й этап: исследование растительности как объекта землеустройства (1930-е гг.). Большое внимание в исследованиях в этот период было уделено изучению растительности, как кормовой базы на оленьих пастбищах [Ребристая, 2013]. Была выполнена геоботаническая характеристика растительного покрова Ямала с описанием основных типов растительности и природным районированием [Аврамчик; Андреев; Николаева]. Итогом проведенных исследований явилось обнаружение 200 видов растений. Флора была охарактеризована как очень бедная, а растительность — однообразная.

3-й этап (1970-е гг.): возрастание интенсивности ботанических исследований, что связано с разведкой газовых и нефтяных месторождений. В опубликованном Институтом проблем освоения Севера двухтомнике [Природная среда Ямала] был впервые дан общий список сосудистых растений Ямала (220 видов).

Было опубликовано более 50 работ по флоре и растительности полуострова [Андреяшкина; Пешкова; Ребристая, 1981; Ребристая, 1992; Ребристая и др.; Творогов, 1988; Творогов, 1989; Тетерюк].

4-й этап: появление цикла работ, посвященных исследованиям антропогенного влияния на растительный покров Ямала, что было связано с интенсивным освоением полуострова и воздействием на растительность при освоении нефтегазовых месторождений. В этот период проводились планомерные исследования флоры Западносибирской Арктики, и в первую очередь п-ова Ямал, по программе ботанико-географических эталонов, разработанной Б. А. Юрцевым [Московченко; Савинов; Юрцев и др.]. В 2013 г. вышла в свет монография О. В. Ребристой «Флора полуострова Ямала. Современное состояние и история формирования», где приведен общий список сосудистых растений (410 видов), показана специфика флоры, проведено сравнение с другими флорами. Однако, несмотря на высокую заболоченность и заозеренность территории, а также большое количество водотоков, приводимые в литературе сведения о растительном покрове водоемов и водотоков ЯНАО немногочисленны [Николаенко; Николаенко, Глазунов] и касаются в основном районов, расположенных южнее изучаемой территории.

СОСТАВ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Для водоемов и водотоков Бованенковского НГКМ характерна бедность видового состава и слабое развитие зарослей, что связано с особенностями целого комплекса природных факторов. Среди них, основными климатическими показателями, определяющими богатство и разнообразие биоты, являются индекс сухости, который отражает соответствие отношение между поступающим в почву теплом и влагой, и индекс тепла — сумма положительных температур воздуха (градусосутки), характеризующие поступление тепла. Индекс сухости для территории Бованенковского НГКМ составляет 0,5, индекс тепла — 439 градусосуток [Коновалов и др.].

Список мохообразных и сосудистых растений водоемов и водотоков территории Бованенковского НГКМ включает 29 видов из 20 родов, 17 семейств и 3 отдела (табл. 1). По числу видов (24) доминируют цветковые (Magnoliophyta), среди которых наибольшее число видов отмечено в семействах лютиковые (Ranunculaceae — 6 видов) и осоковые (Cyperaceae — 4 вида). Мохообразные (Bryophyta) представлены 4 видами, хвощи (Equisetophyta) включают в свой состав 1 вид. Несмотря на невысокое видовое разнообразие мхов, их роль в сложении растительного покрова водоемов и водотоков территории очень велика.

Список видов водной и прибрежно-водной растительности территории Бованенковского НГКМ

| Таксоны | Географическое распространение | | ЭГ | Встречаемость и обилие видов на территории Бованенковского НГКМ | | | | ТФ |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----|----|-----------------------------------------------------------------|----|----|-------|-----|
| | LGE | LTE | | р. Сё-Яха (Мутная) | НУ | ПВ | Озера | |
| <i>Sphagnum angustifolium</i> (C. E. O. Jensen ex Russow) C. E. O. Jensen | H | a-b | HG | – | – | 3 | – | O-M |
| <i>S. squarrosum</i> Crome | C | B | HG | – | – | 3 | – | O-M |
| <i>Drepanocladus polygamus</i> (Bruch et al.) Hedenäs | P | P | HG | – | – | 3 | – | O-M |
| <i>Pohlia drummondii</i> (Müll. Hal.) A. L. Andrews | H | a-a | HM | – | – | – | 2 | O |
| <i>Equisetum arvense</i> L. | C | B | HM | 4 | – | – | – | O-M |
| <i>Potamogeton friesii</i> Rupr. | C | P | HD | – | – | 2 | – | E |
| * <i>Sparganium hyperboreum</i> Laest. | C | P | HG | 1 | – | 1 | 1 | O |
| <i>Poa palustris</i> L. | C | B | HM | 3 | – | 3 | 2 | O-M |
| <i>P. turfosa</i> Litv. | ES | B | HM | 2 | – | – | – | M-E |
| <i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. | C | B | HG | 3 | – | – | 3 | M-E |
| * <i>C. arctisibirica</i> (Jutz.) Crerep. | EA | ha | HG | 1 | 1 | 1 | 1 | O-M |
| <i>Eriophorum russeolum</i> Fries | C | ha | HG | 3 | – | – | – | O |
| * <i>E. polystachion</i> L. | C | b | HG | 1 | – | 1 | 1 | O |
| <i>Lemna trisulca</i> L. | C | p | HD | – | – | 3 | – | M |
| <i>Salix glauca</i> L. | H | ham | HM | 2 | – | 2 | 2 | O-M |
| <i>Bistorta vivipara</i> (L.) S. F. Gray | C | haa | HM | 2 | – | – | – | O |
| <i>Caltha arctica</i> R. Br. | AAM | a | HL | – | – | 3 | – | O |
| * <i>C. palustris</i> L. | EA | b | HL | – | 2 | – | – | M |
| * <i>Ranunculus gmelinii</i> DC. | C | a-b | HD | 2 | 1 | 2 | 2 | O-M |
| <i>Ranunculus hyperboreus</i> Rottb. | H | a | HG | 1 | 3 | – | 3 | O-M |
| <i>R. pallasii</i> Schlecht. | C | a | HD | – | – | – | 3 | M-E |
| * <i>R. reptans</i> L. | C | b | HL | – | – | – | 1 | E |
| <i>Comarum palustre</i> L. | C | a-b | HM | 2 | – | – | – | O |
| <i>Epilobium palustre</i> L. | C | a-b | HM | – | – | 1 | – | O-M |
| <i>Hippuris lanceolata</i> Retz. | C | ha | HL | – | – | – | 3 | E |
| * <i>H. vulgaris</i> L. | C | p | HL | – | 2 | – | – | E |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> L. | C | b | HG | – | – | 2 | – | O |
| <i>Matricaria hookeri</i> (Sch. Bip.) Hutch. | C | a | HM | 3 | – | – | – | M |
| <i>Tephroses palustris</i> (L.) Reichenb. | C | a | HL | 4 | 4 | – | – | E |

Примечание: Распространение: широтные элементы (LGE): P — плюрирегиональный, C — циркумполярный, H — голарктический, EA — евроазиатский, ES — евросибирский, AAM — азиатско-американский; долготные элементы (LTE): p — плюризонный, a — арктический, a-a — аркто-альпийский, a-b — аркто-бореальный, b — бореальный, ha — гипоарктический, haa — гипоарктоальпийский, ham — гипоарктомонтанный. Экологические группы (ЭГ): HD — гидрофиты, HL — гелофиты, HG — гигрофиты, HM — гигромезофиты. Обилие видов: 1 — необильный вид, представленный единичными экземплярами в сообществах или на открытых мелководьях; 2 — малообильный, сопутствующий вид, не входящий в число доминантов или содоминантов фитоценозов; 3 — обильный вид, обычно содоминант, либо образующий небольшие, рассеянные по мелководьям куртины; 4 — высокообильный вид, доминирующий в фитоценозах. Трофность (ТФ): O — олиготроф, O-M — олиго-мезотроф, M — мезотроф, M-E — мезо-эвтроф, E — эвтроф. * — виды, указанные по литературным источникам. НУ — нарушенные участки, ПВ — пойменные водоемы р. Сё-Яха (Мутная).

В результате проведенных исследований обнаружено два вида, не указанных ранее для территории Ямала [Зарубина]. Это ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) — циркумполярный плюризональный вид, гидрофит — растение, полностью погруженное в воду. Найдено в пойменной старице р. Сё-Яха (Мутная) около п. Бованенково, обильный вид, образующий небольшие пятна на глубине до 1 м. Мезотрофный вид, индикатор илисто-песчаных донных отложений. И мятлик торфяной (*Poa turfosa* Litv.) — евросибирский бореальный вид, гигромезофит. Растет на торфянистых заболоченных берегах р. Сё-Яха (Мутная), малообильный, сопутствующий вид, не входящий в число доминантов или содоминантов фитоценозов. Для отдельных экземпляров отмечена вивипария.

Нахождение этих видов на данной территории, по всей видимости, не является случайным, поскольку эти виды найдены в характерных для них местах обитания и, вероятно, связано со слабой изученностью флоры водоемов этой территории.

Видовое разнообразие исследованных водных объектов значительно отличается. Наибольшее число видов отмечено в пойменных водоемах и в береговой зоне р. Сё-Яха (Мутная) — 17 и 16 видов соответственно. Для пойменных водоемов характерно широкое развитие мохообразных и прибрежно-водных растений в береговой зоне. Это различные виды сфагнов (*Sphagnum angustifolium* и *S. squarrosum*), дрепанокладус (*Drepanocladus polygamus*), из цветковых — калужница арктическая (*Caltha arctica*), мятлик болотный (*Poa palustris*), ряска тройчатая (*Lemna trisulca*).

В растительном покрове р. Сё-Яха (Мутная) преобладает прибрежно-водная растительность, представленная негустыми зарослями хвоща (*Equisetum arvense*), злаков (*Poa palustris* и *P. turfosa*), осоки (*Carex aquatilis*), пушицы (*Eriophorum russeolum*). Обширные заросли как по берегам, так и воде на мелководье образует пепельник болотный (*Tephrosieris palustris*).

В озерах в береговой зоне отмечены густые заросли осок (*Carex aquatilis* и *C. arctisibirica*), на мелководье — разреженные сообщества водяной сосенки (*Hippuris lanceolata*) и лютиков (*Ranunculus hyperboreus* и *R. pallasii*).

Наименьшее число видов (6) обнаружено во временных водоемах и на нарушенных участках. На влажных участках и по берегам временных водоемов часто встречается *Matricaria hookeri* — циркумполярный арктический литоральный вид, гигромезофит, почти не выходящий за пределы Арктики. В воде и по берегам широко распространен пепельник болотный (*Tephrosieris palustris*).

Для анализа географического распространения видов исследованной территории использованы координатные географические элементы, выделенные в системе долготных секторов [Тахтаджян] и биогеографических зон [Meusel et al.]. Долготная характеристика во флоре территории представлена 6 географическими элементами: плюрирегиональным (P), охватывающим все континенты Северного и Южного полушарий; цир-

кумполярным (C) — внетропическую часть Евразии и Северной Америки; голарктическим (H) — занимающим голарктическую область или большую ее часть; евразийским (EA) — внетропическую Евразию; евро-сибирским (ES) — включающим территорию Европы и западную часть Северной Азии; азиатско-американским (AAM) — арктическую область России, северное Прибайкалье, арктическую часть Северной Америки. Широкий циркумполярный ареал имеют 20 видов или 69 % всей флоры. Вместе с четырьмя видами, имеющими голарктический (*Sphagnum angustifolium*, *Pohlia drummondii*, *Salix glauca*, *Ranunculus hyperboreus*) и плюрирегиональный ареалы (*Drepanocladus polygamus*), виды с широкими ареалами составляют 86 % флоры. Распространение 2 видов ограничено пределами Евразии: *Caltha palustris*, *Carex arctisibirica*. Оригинальность флоре придает наличие азиатско-американского вида — *Caltha arctica* и евро-сибирского *Poa turfosa*. Возможно, полуостров Ямал является центром пересечения арктических евроазиатских и азиатско-американских видов.

В широтном спектре флоры отмечены виды с плюризональным (p), арктическим (a), аркто-альпийским (a-a), аркто-бореальным (a-b), бореальным (b), гипоарктическим (ha), гипоарктоальпийским (haa) и гипоарктомонтанным (ham) ареалами. Среди широтных групп, наиболее многочисленны виды, распространение которых ограничено бореальной и арктической зонами. Это виды с бореальным, аркто-бореальным, гипоарктическим, арктическим ареалами (21 вид, или 72 %). При анализе географического спектра флоры наглядно проявилась и азональность водных растений. Около 30 % видов встречаются в нескольких биогеографических зонах или плюризональных.

При экологическом анализе флоры по отношению к фактору увлажнения все виды разделены на четыре типологические группы: гидрофиты (HD) — полностью погруженные в воду растения, для прохождения всего жизненного цикла им необходима водная среда; гелофиты (HL) — воздушно-водные растения; гигрофиты (HG) — и гигромезофиты (HM) — растения высоких уровней затопления береговой зоны.

В составе флоры только 11 видов (38 %) относятся к настоящим водным растениям. Это гидрофиты и гелофиты. Погруженные растения (гидрофиты) в целом не характерны для изученных водных объектов. Вероятно, их развитию препятствует ветро-волновое воздействие, колебание уровня воды, низкие температуры, короткий вегетационный сезон, торфянистые донные отложения. В водоемах обычно обитают один-два таких вида, которые образуют очень редкие и небольшие по площади заросли (*Ranunculus gmelinii* и *R. pallasii*, *Potamogeton friesii*, *Lemna trisulca*, *Sparganium hyperboreum*). Подобное распространение погруженной растительности характерно и для озер Большеземельской тундры [Денисова].

К гелофитам или воздушно-водным растениям относятся 6 видов. Это — *Tephrosieris palustris*, *Hippuris lanceolata* и *H. vulgaris*, *Caltha arctica* и *C. palustris*,

Ranunculus reptans. Очень часто они встречаются на антропогенно нарушенных местообитаниях.

Остальные виды — скорее болотные растения, которые, однако, характерны и для избыточно увлажненных берегов водоемов и водотоков. Это — в первую очередь мхи, образующие на отдельных участках фоновые заросли, а также осоки и лютики.

По требованиям к трофности местообитания все растения можно разделить на 4 группы: олиготрофы (О) и олиго-мезотрофы (О-М) — растения, обитающие в водоемах с низким или невысоким содержанием питательных веществ; мезотрофы (М) и мезо-эвтрофы (М-Е) — растения, предпочитающие средние по обеспеченности элементами питания местообитания; эвтрофы (Е) — растения, обитающие в водоемах с высоким содержанием питательных веществ [Дубына и др.]. По отношению к трофности среды флора исследованных водных объектов очень неоднородна. Наибольшее число видов отмечено в олиго-мезотрофных (9 видов) и эвтрофных (8 видов) группах. Однако по степени значимости в сложении растительного покрова (обилию) доминируют олиго-мезотрофы и мезо-эвтрофы, то есть растения, предпочитающие водоемы с невысоким и средним содержанием биогенов в воде. При этом, в р. Сё-Яха (Мутная) и в озерах доминируют олиго-мезотрофные и мезо-эвтрофные виды, в пойменных водоемах — олиго-мезо- и мезотрофные, а во временных водоемах и на нарушенных участках — эвтрофные виды.

ВЫВОДЫ

Для водоемов и водотоков территории Бованенковского НГКМ характерна бедность видового состава и слабое развитие водной растительности, что связано с особенностями целого комплекса природных факторов.

Флора водоемов и водотоков включает 29 видов из 20 родов, 15 семейств и 3 отделов. Обнаружено два вида, не указанных ранее для территории Ямала.

В растительном покрове преобладают виды, максимально освоившие пространства циркумполярной Арктики, тогда как виды с узким ареалом находятся в минимуме, что является региональной особенностью флоры Ямала.

Характер увлажнения территории определил преобладание во флоре водно-болотных видов, а короткий вегетационный период и низкие температуры — бедность видов погруженных водных растений.

В сложении растительного покрова исследованных водоемов и водотоков доминируют растения, предпочитающие водоемы с невысоким и средним содержанием питательных веществ в воде (олиго-мезотрофы и мезо-эвтрофы).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность кандидату биологических наук, научному сотруднику лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН М. И. Ковешникову за сбор натурального материала.

БИБЛИОГРАФИЯ

Аврамчик М. Н. К подзональной характеристике растительного покрова тундры, лесотундры и тайги Западносибирской низменности // Бот. журнал. 1969. Т. 54, № 3. С. 410–420.

Андреев В. Н. Кормовая база Ямальского оленеводства // Сов. оленеводство. 1934. Вып. 1. С. 99–164.

Андреяшкина Н. И. Оценка состояния растительного покрова на нарушенных землях в районе Бованенковского ГКМ // Междунар. конф. «Освоение Севера и проблема рекультивации»: тезисы докл. Сыктывкар, 1991. С. 11–12.

Генкель П. А. О цветковых растениях Ямала и Явая, собранных летом 1925 г. // Изв. биол. науч.-исслед. института при Пермском ун-те. Пермь, 1926. Т. 4. С. 437–445.

Денисова И. А. Высшая водная растительность, ее продукция, химический состав // Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера (На примере Большеземельской тундры). СПб.: Наука, 1994. С. 72–80.

Дубына Д. В., Гейни С., Гроудова З. Дубына В., Шеляг-Сосонко Ю. Р., Гусак И., Отягелова Г., Стойко С. М., Сытник К. М., Тасенкевич Л. А., Эржабкова О. Макрофиты — индикаторы изменения природной среды. Киев: Наукова думка, 1993. 430 с.

Житков Б. М. Полуостров Ямал // Зап. Рус. Геогр. общества. М., 1913. Т. 49. 449 с.

Зарубина Е. Ю. Флора разнотипных водоемов Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (полуостров Ямал) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2016. № 15. С. 78–82.

Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 1. Sphagnaceae–Hedwigiaceae. М.: КМК, 2003. С. 1–608.

Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 2. Fontinalaceae–Amblyregiaceae. М.: КМК, 2004. С. 609–994.

Коновалов А. А., Глазунов В. А., Московченко Д. В., Тигеев А. А., Гашев С. Н. Зависимость структуры биоты от климата на территории ямало-ненецкого автономного округа // Вестник Тюменского государственного университета. Сер. Экология. 2014. № 12. С. 15–23.

Московченко Д. В. Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал) // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 12. С. 57–66.

Николаева М. Г. Кустарниковый тип растительности южной части Большого и Малого Ямала // Бот. журнал. 1941. Т. 26, № 1. С. 52–86.

- Николаенко С. А. Флора водоемов бассейна р. Полуй (зона лесотундры) // Человек и Север: антропология, археология, экология: материалы всерос. конференции. Тюмень, 2015. С. 359–361.
- Николаенко С. А., Глазунов В. А. Флора водоемов нижнего течения реки Пур (север Западной Сибири) // Гидророботаника 2015: материалы VIII Всерос. конф. (Борок, 16–20 октября 2015). Ярославль, 2015. С. 194–195.
- Пешкова В. Н. Экологический предел и ценотическая регуляция уровня продуктивности разнотравно-вейниковых лугов р. Хадыта (южный Ямал) // Структура, продуктивность и динамика растительного покрова. Свердловск, 1990. С. 42–48.
- Природа Ямала. Екатеринбург: УИФ наука, 1995. 435 с.
- Природная среда Ямала. Тюмень, 1995. 164 с.
- Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Ильякова Е. Е., Унанян К. Л. Исследование гидрохимических характеристик водных объектов в районе Бованенковского НГКМ // Вести газовой науки: научно-технический сборник. 2013. № 2 (13). С. 107–112.
- Ребристая О. В. Ботанико-географические особенности подзоны южных тундр Ямала // Биологические проблемы Севера: тез. докл. на IX Межд. науч. симп. Ч. 1. Сыктывкар, 1981. С. 41.
- Ребристая О. В. Редкие, нуждающиеся в охране виды растений полуострова Ямал // Бот. журнал. 1992. Т. 77, № 11. С. 140–144.
- Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
- Ребристая О. В., Хитун О. В., Чернядьева И. В. Техногенные нарушения и естественное восстановление растительности в подзоне северных гипоарктических тундр полуострова Ямал // Бот. журнал. 1993. Т. 78, № 3. С. 122–135.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
- Савинов И. А. Материалы к флоре сосудистых растений среднего течения реки Щучья (Южный Ямал) // Фиторазнообразии Восточной Европы. 2014. Т. 8, № 3. С. 81–86.
- Свириденко Б. Ф. Гидрофильные мхи Западно-Сибирской равнины: учебное пособие. Омск: Изд-во «Амфора», 2010. 134 с.
- Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / Отв. ред.: Ю. И. Винокуров, А. В. Пузанов, Д. М. Безматерных. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 236 с.
- Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 248 с.
- Творогов В. А. Парциальные флоры окрестностей заброшенных буровых скважин Харасавэйского (п-ов Ямал) и Ямбургского (п-ов Тазовский) газовых месторождений // Бот. журнал. 1988. Т. 73, № 8. С. 1159–1168.
- Творогов В. А. Парциальные флоры техногенно нарушенных участков тундры Харасавэйского (п-ов Ямал) и Ямбургского (п-ов Тазовский) газовых месторождений // Проблемы изучения синантропной флоры СССР. М., 1989. С. 28–29.
- Тетерюк Б. Ю. Основы управления рекультивационной сукцессией в техногенных ландшафтах тундровой зоны: автореф. дисс. ... канд. биол. Наук. Уфа, 1996. 18 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Юрцев Б. А., Зверев А. А., Катенин А. Е., Королева Т. М., Петровский В. В., Ребристая О. В., Секретарева Н. А., Хитун О. В., Ходачек Е. А. Пространственная структура видового разнообразия локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Бот. журнал. 2004. Т. 89, № 11. С. 1689.
- Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1–130.
- Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Jena: VEB G. Fischer Verlag, 1965. 583 s.

THE SPECIES DIVERSITY AND THE PLANT COMMUNITY STRUCTURE OF HETEROGENEOUS WATER BODIES AND CHANNELS OF BOVANENKOVO OIL-GAS CONDENSATE FIELD SITE (YAMAL PENINSULA)

The article describes the specific character of the species diversity and the structure of heterogeneous aquatic ecosystems plant community (river Seyakha (Mutnaya), river-bed formers, lakes Ngarka-Neradsalyato, Nedormato and Pelhato), located on the Bovanenkovo oil-gas condensate field territory. It was shown that water bodies and watercourses of this territory are characterized by poverty of species composition and the weak development of macrophytes. Two species, not reported for the location Yamal early, were identified. It is remarked that in the flora dominate species of vast areas. The humifying peculiarity determines a domination of helobious species, but little vegetation period and low ambient temperature determines a little species diversity of submerge macrophytes. Oligo-meso and meso-evtroph plants dominate in the investigate water bodies and channels vegetational cover organization.

Keywords: flora, vegetational cover, water bodies and channels, Yamal Peninsula.

ЗООПЛАНКТОН РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В 2015 ГОДУ*

С 18 по 27 августа 2015 г. проведено рекогносцировочное обследование ряда пресных водоемов ЯНАО в зоне лесотундры (г. Надым) и тундры (Бованенковское нефтегазовое месторождение (НГМ)). Обнаружено 92 вида зоопланктона (46 Rotifera, 22 Cladocera, 24 Copepoda). Наибольшее видовое разнообразие отмечено в пойменных старицах и в заболоченном озере. Наибольшая численность зоопланктона за счет массового развития коловраток отмечена в надпойменных озерах Недармато и Пелхато (НГМ Бованенково). Зоопланктон представлен как эврибионтными видами, так и «арктическими». Видовой список зоопланктона водоемов Бованенковского НГМ в результате проведенных исследований пополнился на 35 видов. По индексу сапробности Пантле и Букк качество воды в исследованных водоемах соответствует 3-му классу — «удовлетворительной чистоты».

Ключевые слова: река Надым, Ямал, озера, зоопланктон, качество воды.

Водные экосистемы субарктической зоны Западной Сибири изучаются в гидробиологическом отношении сравнительно недавно — с начала XX в. В настоящее время имеется ряд работ, в которых с различной степенью подробности даны характеристики зоопланктона отдельных водоемов и водотоков полуострова Ямал и прилегающих территорий. Подробный ретроспективный анализ работ приведен в монографии «Ретроспектива ихтиологических и гидробиологических исследований на Ямале» [Богданов и др., 2000]. В водоемах Среднего и Южного Ямала до 2002 г. различными исследователями было выявлено 127 видов и форм зоопланктеров, из которых Rotifera составляли 38,6 %, Cladocera — 37,8 %, Copepoda — 23,6 %. В последние 8–10 лет этот список пополнился и возрос до 189 [Богданов и др., 2013]. Несмотря на сравнительно высокое таксономическое разнообразие зоопланктона в целом, в отдельно взятом водоеме полуострова встречается не более 50–55 видов и форм беспозвоночных животных этой группы.

Наибольшее таксономическое разнообразие зоопланктона характерно для пойменных озер и русел рек Ямала, наименьшее (около 20 видов) — для больших материковых озер. В реках преобладает зоопланктон аллохтонного происхождения. Структура зоопланктоноценозов на каждом конкретном участке реки определяется характером ее течения, степенью меандрирования, связи с пойменными водоемами и уровнем развития в них фитопланктона.

Климатические изменения и техногенные нарушения (главным образом на территориях разработки нефтяных и газовых месторождений) влияют на экосистемы

водоемов арктических тундр. Эти изменения нуждаются в прогнозах, основанных на знании закономерностей природной и антропогенной трансформации водных зооценозов.

Задача наших исследований — изучение современного состояния зоопланктона разнотипных водоемов в разных биоклиматических зонах тундры с целью оценки их экологического состояния.

Река Надым одна из наиболее крупных рек Ямало-Немецкого автономного округа. Длина реки — 545 км, площадь ее водосборного бассейна — 64 000 км². Средний многолетний годовой расход воды — 590 м³/с. Надым берет начало в озере Нумто на возвышенности Сибирские Увалы, протекает по таежной и лесотундровой зонам. В устье, при впадении в Обскую губу, Надым образует большую заболоченную дельту, разветвляясь на несколько рукавов. В бассейне реки множество водотоков, озер и болот. Озерность речного бассейна достигает 8,7 %. В июле–августе температура воды повышается до 13–20 градусов выше нуля. Минерализация воды низкая (от 30 до 140 мг/л). По химическому составу вода гидрокарбонатная, pH=6,4–6,9, общая жесткость — 0,25–1,0 мг-экв/л. В нижнем течении, начиная от города Надым, река достаточно сильно загрязнена веществами органического и минерального происхождения, прежде всего, нефтепродуктами и фенолами. Высшая водная растительность развита в Надыме. Из фитопланктона преобладают синезеленые и диатомовые водоросли. По данным Госрыбцентра, в реке Надым выявлено 49 видов зоопланктеров, из них — коловраток 20, веслоногих

* Работа проводилась в рамках Федерального бюджетного проекта VIII.76.1.3. «Исследование внутриводоемных процессов и динамики экосистем водных объектов Сибири, включая субарктическую зону» (01201374140) (№0383-2014-0003). При поддержке ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» и Межрегионального экспедиционного центра «Арктика» (г. Салехард).

рачков (Copepoda) — 10, ветвистоусых рачков (Cladocera) — 16 видов [Выполнение сейсморазведочных работ ...]. Средняя биомасса зоопланктона по реке составляла 109–237 мг/м³. В протоках средняя биомасса зоопланктона равна 174 мг/м³, в проточных озерах до 980 мг/м³.

Река Сё-Яха (Мутная) протекает по территории Ямалского района Ямало-Ненецкого автономного округа, на полуострове Ямал. Вытекает из озера Нейто-Малто и течет на запад, впадая в р. Морды-Яха в районе вахтового поселка СУ-16 на территории Бованенковского газоконденсатного месторождения в 60 км от устья. Река Сё-Яха (Мутная) в районе БГКМ сильно меандрирует, шаг излучин достигает здесь 2,0 км, ширина пояса меандрирования 2,0–2,5 км. Ширина русла Сё-Яхи (Мутной) составляет 100–150 м, глубина — до 4 м (в ямах — до 10 м). Широкие долины рек Морды-Яхи и Сё-Яхи (Мутной) соединены широкой (до 40 км) полосой низменных сильно заозеренных поверхностей с многочисленными озерами, болотами и старицами. Озерные котловины имеют по большей части термокарстовое происхождение. Бассейн реки входит в водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции («Теневой список» водно-болотных угодий, имеющих международное значение).

Зоопланктон реки Сё-Яха (Мутная) и ряда ее пойменных озер исследовался в 1989–2009 гг. в целях разработки информационной базы экологического мониторинга состояния водных экосистем на территории Бованенковского газоконденсатного месторождения [Богданов и др., 1996; Богданов и др., 2012; Богданова, 1990; Богданова, 1995].

С 18 по 27 августа 2015 г. проведено рекогносцировочное обследование типичных пресных водоемов ЯНАО в зоне лесотундры (г. Надым) и тундры (Бованенковское нефтегазовое месторождение (НГМ)). Обследовано в окрестностях г. Надым: р. Надым, старица р. Надым и безымянное пойменное озеро. На территории Бованенковского НГМ: р. Сё-Яха (Мутная), две старицы р. Сё-Яха (Мутная), озера Нгарка-Нерадсаято, Недармато, Пелхато.

Пробы зоопланктона отбирали путем процеживания 100 л воды через сеть Апштейна с диаметром ячеек 64 мкм. Фиксация и камеральная обработка зоопланктонных проб проводилась по общепринятым методикам [Руководство по гидробиологическому мониторингу ...].

Для оценки экологического состояния водотоков использовали метод биоиндикации по индексу сапробности Пантле и Букк [Slàdeček]. При расчете индекса сапробности Пантле и Букк использованы значения региональных индексов индикаторной значимости, полученные для зоопланктонных организмов водоемов юга Западной Сибири, степень эврибионтности и стенобионтности зоопланктонных организмов оценивалась по их индикаторному весу [Ермолаева, 2013; Ермолаева, 2014].

Обнаружено 92 вида зоопланктона (46 Rotifera, 22 Cladocera, 24 Copepoda). Наибольшее видовое разнообразие отмечено в пойменных старицах и в заболоченном озере (табл. 1). Наибольшая численность зоопланктона за счет массового развития коловраток отмечена в надпойменных озерах Недармато и Пелхато (НГМ Бованенково).

В р. Надым доминировали *Polyarthra major* Burckhardt, *Keratella cochlearis* (Gosse), *Synchaeta pectinata* Ehrenberg. В пойменных водоемах р. Надым — *Bosmina obtusirostris* Sars (до 50 % от общей численности зоопланктона), *Keratella serrulata* f. *Curvicornis* (Rylov), *Polyarthra dolichoptera* Idelson, *Brachionus angularis bidens* Plate.

В районе Бованенковского НГМ в озерах и старицах в зоопланктоне доминировали *B. obtusirostris*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina* (Kellicott), *P. dolichoptera*. В отдельных водоемах до 45 % численности составляла *Eurytemora affinis* (Poppe). В реке Сё-Яха (Мутная) основу зоопланктонного сообщества составляли коловратки с доминированием *K. longispina*, *P. dolichoptera*, *K. cochlearis macracantha* (Lauterborn), *Polyarthra major* Burckhardt, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg.

Зоопланктон представлен как эврибионтными видами, так и «арктическими» (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона разнотипных водоемов полуострова Ямал в 2015 г.

| Точки отбора проб | р. Надым | пойменная старица р. Надым | пойменное озеро р. Надым | пойменная старица р. Сё-Яха (Мутная) | оз. Нгарка-Нерадсаято | пойменная старица р. Сё-Яха (Мутная) | р. Сё-Яха (Мутная) | оз. Недармато | оз. Пелхато |
|------------------------------------|----------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <i>Asplanchna girodi</i> de Guerne | | + | | + | | | | + | + |
| <i>A. priodonta</i> Gosse | | + | | + | | | + | + | + |
| <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof) | | | | | | | + | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Brachionus angularis</i> Gosse | | | | | | | + | + | + |
| <i>Br. angularis bidens</i> Plate | | | + | | | | | | |
| <i>Br. quadridentatus cluniorbicularis</i> Skorikov | | | | | | | | + | |
| <i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenb.) | | | + | | | | + | | |
| <i>Conochilus unicornis</i> Rousselet | | + | | | | | | | |
| <i>Euchlanis deflexa</i> Gosse | + | | + | + | | + | | + | |
| <i>E. dilatata</i> Ehrb. | | | | + | | | | | |
| <i>E. dilatata unisetata</i> Leydig | | | + | | | | | | |
| <i>E. incisa</i> Carlin | | | | | | + | | | |
| <i>E. oropha</i> Gosse | | | | | | + | | | |
| <i>E. lyra lyra</i> Hudson | | | + | | | | + | | |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenb.) | | | | + | + | | + | | + |
| <i>F. major</i> (Golditz) | | | | | | | | + | |
| <i>Ploesoma truncatum</i> (Levander) | | | | | | | | + | |
| <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott) | + | + | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse) | + | + | | + | | | + | + | + |
| <i>K. c. macracantha</i> (Lauterborn) | | | | | + | + | + | | |
| <i>K. c. tecta</i> (Gosse) | + | | | + | | | | | + |
| <i>K. quadrata dispersa</i> Carlin | | | | | | | | | + |
| <i>K. q. quadrata</i> (Müller) | | | | | | | | | |
| <i>K. q. longispina</i> (Thiebaud) | | | | | | | | + | |
| <i>K. serrulata f. curvicornis</i> (Rylov) | | | + | | | | | | |
| <i>Lecane (Monostyla) cornuta</i> (Müller) | + | | | | | + | | | |
| <i>L. luna</i> (Müller) | | | | + | | | | | |
| <i>L. (Monostyla) lunaris</i> (Ehrenberg) | + | | + | | | | | | |
| <i>Lepadella ovalis</i> (Müller) | + | | | | | | + | + | |
| <i>Notholca caudata</i> Carlin | | | | | | | + | + | |
| <i>N. labis</i> Gosse | | | | + | | | | | |
| <i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>P. major</i> Burckhardt | + | + | | + | + | + | + | | |
| <i>P. minor</i> (Rousselet) | | | | + | | | | + | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Postclausa hyptopus</i> (Ehrenberg) | | | | + | | | | + | |
| <i>Synchaeta grandis</i> Lack. | | | | + | | | | | |
| <i>S. pectinata</i> Ehrenb. | + | + | | | | | + | | + |
| <i>S. stylata</i> Wierzejski | | | | + | | | + | + | |
| <i>Testudinella patina intermedia</i> Anderson | | | | + | | | | + | |
| <i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof.) | | | + | | | | | | |
| <i>T. elongata</i> (Gosse) | | | | + | | | | | |
| <i>T. pusilla</i> (Lauterborn) | | | | + | | | | | |
| <i>T. stylata</i> (Gosse) | | | | + | | | | | |
| <i>Trichotria curta</i> (Skorikov) | | | + | | | | | | |
| <i>T. tetractis</i> (Ehrenberg) | | | | + | | | + | + | |
| <i>T. truncata</i> (Whitelegge) | | | | | | + | | | |
| <i>Acroperus harpae</i> (Baird) | | | + | | | + | | | |
| <i>Alonella excisa</i> (Fisch.) | | | + | | | | | | |
| <i>Alona intermedia</i> Sars | | | + | | | | | | |
| <i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller) s.lato | | | | | + | + | + | | |
| <i>Eubosmina coregoni</i> var. <i>obtusirostris</i> Sars | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Camptocercus rectirostris</i> Schödler | | | + | | | | | | |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller) | | + | + | | | | | | |
| <i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird) | + | | | | | | | | |
| <i>Ch. ovalis</i> Kurz | | | | + | | | | | |
| <i>Ch. sphaericus</i> (O. F. Müller) | + | + | + | + | | | + | + | |
| <i>Daphnia cristata</i> Sars | + | + | | | + | + | + | | + |
| <i>D. cucullata</i> Sars | | + | | | | | | | |
| <i>D. longispina</i> O. F. Müller | | + | + | | | | | | |
| <i>D. pulex</i> (De Geer) | | | | + | | | | | |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievins) | | + | + | | | | | | |
| <i>Euryercus lamellatus</i> (O. F. Müller) | | + | + | | | | | + | |
| <i>Holopedium gibberum</i> (Zaddach) | | | | | + | | | | |
| <i>Polyphemus pediculus</i> (Linne) | | + | | + | | | | | |
| <i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller) | | + | | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller) | | + | + | | | | | | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller) | | + | + | | | | | | |
| <i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fisch.) | | | + | | | | | | |
| <i>Cyclops abyssorum</i> Sars | | | + | | | | | | |
| <i>C. kolensis</i> Lill. | | + | + | | | | | | + |
| <i>C. scutifer</i> Sars | | + | | | | + | | | |
| <i>Eucyclops macruroides</i> (Lill.) | | | + | | | | | | |
| <i>E. macruroides denticulatus</i> (Graeter) | | | + | | | | | | |
| <i>Megacyclops gigas</i> (Claus) | | | | + | | | | | |
| <i>Megacyclops viridis</i> (Sars) | | + | | | | | | | + |
| <i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine) | | + | | | | | | | |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus | | + | + | + | | | | | + |
| <i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars) | + | | | | | | | | + |
| <i>Microcyclops varicans</i> (Sars). | | | + | | | | | | |
| <i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fisch.) | | | + | | | | | | |
| <i>Acanthodiptomus denticornis</i> Wierz. | | | + | | | | | | + |
| <i>Arctodiptomus acutilobatus</i> (Sars) | | | | | | | | | + |
| <i>Eudiaptomus coeruleus</i> (Fischer) | | | + | | | | | | |
| <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars) | | | | | + | | | | + |
| <i>Mixodiptomus theeli</i> (Lill.) | | | | + | | | | | |
| <i>Neurodiaptomus incongruens</i> (Poppe) | | + | | | | | | | |
| <i>Eurytemora affinis</i> (Poppe) | | | | + | + | + | + | | + |
| <i>E. velox</i> (Lilljeborg) | | | | | | | | + | |
| <i>Hetercope appendiculata</i> Sars | | + | + | + | | | | + | |
| <i>Senecella calanoides</i> Juday | | | | + | | | | + | |
| <i>Attheyella nordenskjoldi</i> (Lilljeborg) | | | | | | + | | | |
| Количество видов в водоеме | 15 | 27 | 33 | 32 | 11 | 16 | 21 | 24 | 20 |

Сравнить видовой состав зоопланктона р. Надым с ранее полученными данными нет возможности, поскольку видовые списки не опубликованы. А видовой список зоопланктона водоемов Бованенковского НГКМ в результате проведенных нами исследований пополнился на 35 видов [Богданова, 1995].

Зоопланктон изученных водоемов и водотоков имеет общие черты с зоопланктоном других водоемов Ямала [Богданов и др., 2000; Богданов и др., 2013]. Так, характерной чертой является преобладание коловраток по численности, а иногда и по биомассе.

Численность (N, экз./м³), биомасса (B, мг/м³) и число видов (n) зоопланктона в водоемах п-ова Ямал в 2015 г.

| Объект | Всего | | | Rotifera | | | Cladocera | | | Copepoda | | |
|--------------------------------------|--------|--------|----|----------|-------|----|-----------|--------|----|----------|--------|----|
| | N | B | n | N | B | N | N | B | n | N | B | n |
| окрестности г. Надым | | | | | | | | | | | | |
| р. Надым | 7600 | 30,2 | 15 | 6050 | 4,5 | 10 | 1040 | 18,7 | 4 | 510 | 6,94 | 1 |
| пойменная старица р. Надым | 122980 | 3174,3 | 27 | 23850 | 46,3 | 8 | 86510 | 2848,2 | 12 | 12620 | 279,8 | 7 |
| пойменное озеро р. Надым | 30250 | 351,6 | 33 | 15750 | 8,9 | 10 | 1180 | 136,4 | 12 | 13320 | 206,3 | 11 |
| Бованенковское НГМ | | | | | | | | | | | | |
| пойменная старица р. Сё-Яха (Мутная) | 111210 | 312,1 | 32 | 90020 | 52,6 | 21 | 17690 | 179,6 | 5 | 3500 | 79,9 | 6 |
| оз. Нгарка-Нерадсалято | 44920 | 333,5 | 11 | 37020 | 20,0 | 5 | 7210 | 289,0 | 4 | 690 | 24,49 | 2 |
| пойменная старица р. Сё-Яха (Мутная) | 15460 | 226,9 | 16 | 7550 | 6,0 | 9 | 100 | 2,2 | 4 | 7660 | 218,4 | 3 |
| р. Сё-Яха (Мутная) 102 км от устья | 15880 | 32,2 | 11 | 15020 | 7,1 | 8 | 30 | 0,9 | 2 | 830 | 24,24 | 1 |
| р. Сё-Яха (Мутная) 99 км от устья | 79640 | 96,6 | 16 | 78900 | 82,7 | 12 | 580 | 5,9 | 3 | 160 | 8,03 | 1 |
| оз. Недармато | 474750 | 1041,4 | 24 | 408200 | 160,4 | 18 | 60910 | 636,2 | 3 | 5640 | 244,80 | 3 |
| оз. Пелхато | 806500 | 1836,7 | 20 | 773300 | 262,7 | 10 | 8800 | 407,2 | 2 | 24400 | 1166,8 | 8 |

Активное развитие зоопланктона в озерах Ямала начинается лишь с конца июня, в реках и мелких притоках водоемах — несколько раньше — в начале июня. Наибольшие показатели численности и биомассы зоопланктона зафиксированы в пойменных водоемах и в озерах. В водотоках количественное развитие зоопланктона ожидаемо ниже (табл. 2).

В экологическом отношении среди зоопланктона в большинстве водоемов Ямала, особенно в крупных озерах, преобладают пелагические формы [Богданов и др., 2000]. В более мелких озерах, наряду с пелагическими, высока доля прибрежных форм и обитателей нектобентоса. Зарослевые и эвритопные формы зоопланктона представлены малым числом видов, что связано с низкой степенью развития в литоральной зоне макрофитов [Зарубина], изрезанностью береговой линии и существенным ветровым перемешиванием водных масс. Большинство коловраток и рачков планктона эвритермны.

Для оценки общего уровня загрязнения исследованных водоемов и водотоков был рассчитан индекс сапробности Пантле-Букк. Величина индекса изменялась в пределах 1,37–1,68. Полученные значения по большей части соответствуют классу «β-мезосапробная зона». Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши, показатель сапробности соответствует классу качества вод 3 — «удовлетворительной чистоты» и разряду 3а — «достаточно чистая» [Оксиюк и др.]. Наиболее высокие показатели индекса Пантле и Букк зафиксированы в озере Пелхато. Тогда как

оз. Нгарка-Нерадсалято по характеристикам зоопланктона характеризуется как олиго — β-мезосапробное (вполне чистое), несмотря на близкое расположение Бованенковского аэропорта (Индекс Пантле и Букк 1,37). В целом гидробиологическая оценка качества воды соответствует гидрохимическим заключениям, согласно которым большинство рек и озер рассматриваемой территории относятся к категории умеренно загрязненных, при этом на территории Бованенковского НГМ состав поверхностных вод в основном обусловлен природными условиями, и техногенный фактор не оказывает на них существенного влияния [Пыстина и др.].

Следует отметить, что слабое развитие зоопланктона является одной из основных причин почти полного отсутствия в ихтиофауне Ямало-Гыданской области планктофагов, представленных лишь малочисленными пелядью и ряпушкой, но и в их питании значительную роль играет бентос. Тем не менее не следует забывать, что зоопланктон играет важную роль в питании молоди всех видов рыб этого региона. Кроме того, зоопланктон является активным фильтратором и седиментатором взвешенных веществ и имеет большое значение в процессах самоочищения водоемов и водотоков, что особенно актуально при замедлении процессов бактериальной минерализации органических веществ при низких среднегодовых температурах на Ямале. Изучение зоопланктона является необходимой частью организации экологического мониторинга при разработке заполярных нефтегазовых месторождений.

С увеличением антропогенной нагрузки на водные экосистемы п-ова Ямал все актуальнее становятся работы гидробиологов, поскольку неизбежны расчеты ущерба рыбному хозяйству, нанесенного при прокладке и эксплуатации газопроводов. Несомненно, что новые данные по качественному и количественному развитию зоопланктонных сообществ

разнотипных водоемов пополнят общий многолетний банк данных.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность к.б.н., н.с. Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН Ковешникову Михаилу Ивановичу за отбор проб зоопланктона.

БИБЛИОГРАФИЯ

Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Госькова О. А., Мельниченко И. П. Ретроспектива ихтиологических и гидробиологических исследований на Ямале. Екатеринбург: изд-во «Екатеринбург», 2000. 88 с.

Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Мельниченко И. П. Гидробиологический мониторинг на объекте газовой отрасли на Ямале (бассейн р. Мордыяхи) // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Урала и Западной Сибири. Тюмень: СибрыбНИИпроект, 1996. С. 27–28.

Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Мельниченко И. П., Степанов Л. Н., Ярушина М. И. Проблемы охраны биоресурсов при обустройстве Бованенковского газоконденсатного месторождения // Экономика региона. 2012. № 4. С. 68–79.

Богданов В. Д., Болотов И. Н., Беспалая Ю. В., Богданова Е. Н., Зубриль Н. А., Мельниченко И. П., Степанов Л. Н., Ярушина М. И. Биологическое разнообразие европейского сектора Арктики и Ямала: первые итоги исследований в рамках междисциплинарного проекта УрО РАН // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: материалы докладов II Всероссийской конференции с международ. участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 8–12 апреля 2013 г.). Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 22–24.

Богданова Е. Н. Зоопланктон водоемов р. Мордыяха (п-ов Ямал) // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера. Сыктывкар, 1990. 20 с.

Богданова Е. Н. Зоопланктон водоемов территории Бованенковского газоконденсатного комплекса, Средний Ямал // Современное состояние растительного и животного мира полуострова Ямал. Екатеринбург: УрО РАН, Институт экологии растений и животных, УИФ «Наука», 1995. С. 41–48.

Выполнение сейсморазведочных работ МОГТ 2D в пределах Лензитского лицензионного участка (Надым-

ский район ЯНАО) в 2013–2014 гг. Оценка воздействия на окружающую среду. М.: Шелл НефтеГаз Девелопмент, 2013 [Электронный ресурс]. — URL: <http://s06.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/rus/downloads/pdf/snd1.pdf> (дата обращения 15.06.2016)

Ермолаева Н. И., Двуреченская С. Я. Определение индикаторной значимости зоопланктона с учетом региональных особенностей водоемов юга Западной Сибири // Вода: химия и экология. 2014. № 5 (71). С. 60–67.

Ермолаева Н. И., Двуреченская С. Я. Региональные индексы индикаторной значимости зоопланктонных организмов в водоемах юга Западной Сибири // Экология. 2013. № 6. С. 476–480.

Зарубина Е. Ю. Флора разнотипных водоемов Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (полуостров Ямал) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2016. № 15. С. 78–82.

Оксиук О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник Г. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, вып. 4. С. 62–76.

Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Ильякова Е. Е., Унанян К. Л. Исследования гидрохимических характеристик водных объектов в районе Бованенковского НГКМ // Научно-технический сборник: Вести газовой науки. 2013. № 2 (13) С. 107–112.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Sládeček V. System of Water Quality from the Biological point of View // Archive Hydrobiologia. Ergebnisse der Limnologie. Heft. 1973. № 7. P. 1–218.

ZOOPLANKTON OF POLYTYPIC WATER BODIES IN THE YAMAL PENINSULA IN 2015

The field research of a number of fresh water bodies of the Yamalo-Nenets Autonomous Area in a zone of the forest-tundra (Nadym) and tundra (Bovanenkovo oil-gas condensate field (OGCF)) was carry out from August 18 to August 27, 2015. 92 species of zooplankton (46 Rotifera, 22 Cladocera, 24 Copepoda) are revealed. The greatest specific variety is noted in inundated river-bed former and in the waterlogged lake. The largest number of zooplankton due to mass development of Rotifera is noted in the above flood-plain lakes Nedarmato and Pelkhato (Bovanenkovo OGCF). Zooplankton is presented by both eurytopic species, and "arctic". The specific list of zooplankton of reservoirs of Bovanenkovsky OGCF as a result of the conducted researches was increased on 35 types. On the Pantle-Buck's saprobity index water quality in the studied water bodies corresponds to the 3rd class — "satisfactory purity".

Keywords: Nadym river, Yamal, lakes, zooplankton, water quality.

ЛЕСНАЯ ОТРАСЛЬ ЯМАЛА: ОТРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ ИСТОРИИ ОКРУГА

В статье кратко представлены основные этапы становления лесного хозяйства на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, показана взаимосвязь истории отрасли и истории округа. В 2017 г. лесное хозяйство Ямало-Ненецкого автономного округа отметит свой 85-летний юбилей.

Ключевые слова: лесное хозяйство, Ямало-Ненецкий автономный округ, история отрасли, лесные ресурсы, деревообработка, юбилей.

Взгляд скользит по потрепанным временем листам складского журнала. На первой странице старательной вязью синим по желтому выведено: «Приказ № 1 по Ямальскому леспромхозу от 20 сентября 1932 г. Согласно приказу по тресту № 34 от 31 июля 1932 г. и постановления Окрисполкома от 04.08.1932 г. № 27 “Об организации леспромхоза” считать таковой организованным и приступившим к работе в границах Ямало-Гыдоямно-Ненецкого округа с места нахождения правления ЛПХ в гор. Сале-Хард (Обдорск) с последующим штатом: директор, заведующий производственным отделом, специалист по лесозаготовкам, специалист по лесному хозяйству, бухгалтер, счетовод, завхоз, делопроизводитель, обслуживающий персонал (2 человека), лесообъездчики (3 человека)» [Приказ № 1 ...]. Как принято сейчас писать, «орфография и пунктуация первоисточника сохранены». Перед нами Книга приказов Ямальского леспромхоза и документ, с которого берет свое начало лесная отрасль округа. И дальше все по-деловому: назначения на должность, отправки в командировки, сухие строки распоряжений, выговоры с занесением в личное дело, скупые поощрения — без особых красотостей, подробная летопись первых трех лет жизни организации, образовавшейся отнюдь не случайно и готовящейся в следующем году отметить свой 85-летний юбилей.

История лесного хозяйства на ямальской земле неразрывно связана с историей самого округа, иначе и быть не могло. 10 декабря 1930 г. Ямало-Ненецкий автономный округ появился на карте страны, первый год жизни показал — территории необходим собственный леспромхоз для удовлетворения потребностей нового субъекта советского государства в строительных материалах и дровах. Целью первых командировок сотрудников Ямальского ЛПХ было обследование лесных массивов округа на предмет выявления в них участков, перспективных с точки зрения ведения лесозаготовок в промышленных масштабах. Советское государство, интенсивно развиваясь, испытывало потребность в различных ресурсах, у него не было времени для выработки особой концепции ведения лесного хозяйства в хрупких экосистемах Севера. Продукция Ямаль-

ского ЛПХ тогда — строительная древесина и дрова, дрова и строительная древесина. На первых порах руководству округа было не до экологических вопросов, в первую очередь нужно было решить проблему обеспечения населения округа жильем, пусть и барачным, и теплом, больно уж климат здесь жесткий.

К сожалению, до нас дошла только первая книга приказов Ямальского леспромхоза, охватывающая период его работы до 23 декабря 1935 г. Остальные документы либо утеряны, либо изъяты, а может быть хранятся в архивах и ждут своего часа. Мы можем лишь предположить, каков был вектор развития лесной отрасли, и сделать это, не боясь сильно ошибиться, ведь, как мы помним, история лесного хозяйства неразрывно связана с историей округа. Велась планомерная работа по обеспечению ресурсами амбициозных сталинских северныхстроек и большого числа лагерей ГУЛАГовской системы, заключенные которых в значительной степени обеспечивали превращение Советского Союза в мощную промышленную державу, платя за это своими жизнями. А еще была война и Ямало-Ненецкий округ, находясь в глубоком тылу, напрягая силы, вместе со всей огромной страной делал, что мог, чтобы приблизить победу. Лесная отрасль не осталась в стороне — велась заготовка древесины и не только ее. Лес может дать гораздо больше, если знать его по-настоящему. Он и давал — ценную пушнину, рыбу из своих рек, лекарственное и витаминное сырье. Словом, в военные и послевоенные годы лесное хозяйство округа, несмотря на свои скромные масштабы, продемонстрировало способность обеспечивать население разнообразным ассортиментом товаров. Общеизвестно, то, что не убивает, делает нас сильнее. Судя по всему, именно в тяжелые годы войны лесное хозяйство округа сложилось в систему, решающую поставленные перед ней задачи и эффективно взаимодействующую с другими отраслями народного хозяйства.

1940-е годы многое изменили в сознании людей, война научила бережно хранить даже то, что имеется в избытке. Человек, питавшийся в блокаду столярным клеем, до сих пор трепетно относится к каждому куску хлеба,

хотя недостатка в нем не наблюдается. В военное время лес понес большие потери, он сводился на огромных площадях. В начале 1950-х годов лесное хозяйство страны было вынуждено решать проблему его восстановления. Отчасти этим было продиктовано разделение предприятий на леспромхозы, которые продолжали вести заготовку древесины, и лесхозы, занимающиеся вопросами разведения леса, осуществления ухода за ним, формирования будущей лесозаготовительной базы. Древесина — ресурс условно неисчерпаемый, то есть вести ее заготовку можно непрерывно, но только в том случае, если в течение определенного отрезка времени древесины берется не больше, чем ее за то же время прирастает. Постепенно парадигма «возьмем природных богатств, сколько захотим» сменилась пониманием необходимости бережного отношения к лесу. В 1950–1960-е годы на территории государственного лесного фонда, расположенного в границах округа, начинают вестись работы по содействию естественному лесовозобновлению, там, где это необходимо, создаются лесные культуры, активизируется централизованная борьба с лесными пожарами.

В 1960–1980-е годы Ямало-Ненецкий автономный округ становится важнейшим центром нефте-газодобычи Советского Союза, посильный вклад в реализацию этого проекта внесла сеть ямальских леспромхозов и лесхозов. Округ очень нуждался в дорогах, пусть на первых порах и временных. «Лежневая дорога», или в просторечье «лежневка» — один из символов Ямала периода интенсивного ведения геологоразведки и разработки первых месторождений. Это дорога, построенная из стволов деревьев. На строительство лежневых дорог во многих случаях тратилось до 45–50 % от всего вырубаемого запаса древесины. Интенсивные рубки велись в поймах рек, что, безусловно, не лучшим образом влияло на их гидрологический режим, широкое распространение молевого сплава негативно сказалось на популяциях отдельных видов промысловых рыб. Но были и позитивные моменты. Развитие малой авиации повлекло за собой образование сети авиабаз, стало возможно воздушное патрулирование, нарабатывался опыт борьбы с лесными пожарами в ранее недоступных районах силами пожарного десанта.

Пик объемов лесозаготовок в округе пришелся на конец 1980-х годов. Функционировала целая сеть леспромхозов, вокруг них выстраивались и достаточно динамично развивались поселки. Один из крупнейших на тот момент Толькинский леспромхоз заготавливал до 350 000 м³ круглого леса в год.

«Шоковая терапия» 1990-х оказалась губительной для отрасли. Брошенные в стихию свободного рынка, многие предприятия были вынуждены рассчитывать на собственные силы. Оставшись один на один со своими проблемами, леспромхозы стали приходить в упадок. Высокая себестоимость ямальской древесины, неразвитость дорожно-транспортной системы, низкая продуктивность северных лесов — все это привело к резкому снижению объемов заготовки. Перестали развиваться поселки, не видя перед собой перспектив, уходили ценные кадры. Во второй половине 1990-х годов из значительного числа леспромхозов,

осуществлявших интенсивную заготовку древесины, выжил лишь Толькинский. Благодаря поддержке федерального и окружного правительства удалось сохранить лишь костяк отрасли — систему лесхозов, сотрудники которых продолжали самоотверженно трудиться, пытались сохранить и преумножить лесные богатства округа.

После кризиса 1998 года была предпринята первая попытка реанимации единственного сохранившегося предприятия лесоперерабатывающего сектора, ООО «Строительные технологии» — наследника Толькинского леспромхоза. Был создан столярный цех, оснащенный универсальным деревообрабатывающим оборудованием для производства оконных и дверных блоков, профильных деталей для строительства, создано сушильное хозяйство. В целях снижения затрат на электроэнергию лесопильный цех, оснащенный одноэтажными лесопильными рамами закрыли. Разделка круглых материалов была перенесена на производственную площадку, где установили круглопильный станок для индивидуального раскроя круглых лесоматериалов «Барс». Однако, основные препятствия, мешающие продукции из плотной и качественной ямальской древесины занять свою нишу на рынке, никуда не делись. Камни преткновения оставались все те же — слабо развитая дорожная сеть, высокая стоимость электрической энергии в п. Толька и самое главное — отсутствие государственных программ поддержки строительства, основного потребителя товаров, производимых толькинским предприятием. Несмотря на все сложности, предприятие отработало первое десятилетие нового века, накопив немалый опыт. Система охраны и защиты лесов, претерпев множественные изменения, пройдя через реформы и сокращение штатов, также смогла выжить и перестроиться.

Вступив в 2010 г. в должность Губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа, Д. Н. Кобылкин одной из приоритетных задач объявил диверсификацию экономики округа, поиск и развитие новых перспективных направлений, которые в ближайшее время смогут уменьшить зависимость окружного бюджета от ситуации на рынке энергоносителей, выступить драйверами мегапроектов, разворачивающихся на территории ЯНАО. У лесопромышленной отрасли Ямала вновь появилась надежда. Зимой 2010 г. Первый заместитель Губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа В. В. Владимиров провел в с. Красноселькуп выездное совещание, посвященное проблемам отрасли, в котором приняли участие сотрудники Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и нефтегазового комплекса во главе с директором Ю. П. Чеботаревой, руководство Красноселькупского района во главе с В. П. Паршаковым, сотрудники окружного автономного учреждения «Леса Ямала», представители лесной науки. Результатом обсуждения стало решение о необходимости поддержки ООО «Строительные технологии» и создании на его базе предприятия, ориентированного на ведение заготовки и глубокой переработки древесины.

За минувшие шесть лет сделано многое: в Тарко-Сале построен завод, основной продукцией которого должны стать деревянные домокомплекты, проведено техническое перевооружение производства в п. Толька.

Два этих предприятия должны стать основой Ямальского лесопромышленного комплекса. Вновь создаваемые и возрождаемые производства укомплектованы высококлассной техникой, закуплены харвестеры и форвардеры для ведения лесосечных работ, линия лесопиления, проведена установка современных сушильных камер, в распоряжении специалистов комплект надежной лесовозной техники, на заводе в Тарко-Сале готово к работе надежное немецкое оборудование. Ведется подготовка квалифицированных специалистов.

История отрасли движется по спирали, задачи, стоящие перед ней, изменяются не сильно. Развиваются технологии, позволяющие их решать, они позволяют добиться большей производительности, а при высоком уровне менеджмента — еще и обеспечить снижение уровня техногенной нагрузки на уязвимые лесные экосистемы Севера. В первой половине XX в. Ямальский леспромхоз заготавливал древесное сырье для строительства временных бараков, спустя 85 лет продукцией Ямальского лесопромышленного комплекса должны стать уютные, теплые дома, созданные из современного строительного конструкта — деревянных МХМ-панелей, сухо профилированного или клееного бруса.

При поддержке Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа приводятся в известность лесные богатства округа, за последние пять лет лесоустроительные работы проведены практически на всей территории лесного фонда в пределах ЯНАО, эта работа не имеет аналогов в России. Иметь достоверные данные о ресурсном потенциале ямальских лесов очень важно, это позволяет вести долгосрочное планирование на территории государственного лесного фонда, вывести на качественно новый уровень системы управления его сокровищами. Мы помним, лес — это не только древесина, лес открывает возможности сбора и переработки дикоросов, организации и ведения охотничьего и рекреационного бизнеса, по территории гослесфонда со временем могут протянуться дорожные артерии, линии электропередач, газо- и нефтепроводы. Иметь максимально полную картину всего, что хранит лес, значит повысить возможность принятия грамотных управленческих решений.

Ответственный лесной менеджмент немислим без понимания того, что главной продукцией чувствитель-

ных лесных экосистем ямальского севера является среда обитания, комфортная для проживания человека, а также большого количества растительных и животных видов, проживающих в соседстве с ним. Сохранность притундровых лесов, припойменных участков великих северных рек является ключевым звеном концепции экологической безопасности не только округа, но всей страны. Не секрет, что относительная мягкость климата европейской части России — во многом заслуга низкопродуктивных и малоценных на взгляд дилетанта лесов Ямала. Вот почему бережное отношение к ямальскому лесу составляет основу концепции экологической безопасности региона, озвученной лично Губернатором Д. Н. Кобылкиным.

Отрадно, что при принятии решений по тем или иным вопросам лесопромышленного комплекса очень внимательно выслушивается и учитывается мнение ученого сообщества. Ведется планомерная работа, целью которой является экологическое воспитание подрастающего поколения, формирование кадрового резерва отрасли. Усилиями сотрудников Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и нефтегазового комплекса ЯНАО на местах возрождаются школьные лесничества, которые в недалеком будущем станут местом, где ребята, интересующиеся природой, смогут попробовать себя в качестве ученого или познакомиться с особенностями работы специалистов лесного хозяйства. Ведется незаметная для постороннего глаза работа, направленная на сохранение особой прелести ямальских лесов. Сотни людей ежедневно создают новые леса, ухаживают за уже сформировавшимися древостоями, делают отводы, тушат лесные пожары.

С 1932 г. минуло почти 85 лет. Жизнь в городах, деревнях и поселках округа значительно изменилась за это время. Не меняются лишь задачи, стоящие перед лесной отраслью ЯНАО, ведь она занимается удовлетворением базовых потребностей человека — всем нужны чистый воздух и вода, возможность посетить укромный лесной уголок и построить теплый, уютный дом из экологичного и прочного материала. На каждом витке своего развития округ ставит перед специалистами лесной отрасли эти проблемы и ждет от них решений, соответствующих духу времени. Мы можем с уверенностью сказать следующее: лесное хозяйство необходимо округу, а значит, у него есть будущее!

БИБЛИОГРАФИЯ

Приказ № 1 по Ямальскому леспромхозу от 20 сентября 1932 г. // ОАУ «Леса Ямала». Архивный фонд. Д. 1. Л. 1.

THE FORESTRY OF YAMAL REGION: REFLECTION IN THE DISTRICT HISTORY

The main stages of forestry formation in the Yamalo-Nenets autonomous district, interrelation between the district history and branch history are represented briefly in this article. In 2017 the forestry of Yamal region will celebrate its 85-years anniversary.

Keywords: forestry, Yamalo-Nenets autonomous district, branch history, forest resources, woodworking, anniversary.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ АДАПТАЦИИ КОРЕННОГО МАЛОЧИСЛЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Традиционное питание коренного малочисленного населения является одним из важнейших механизмов адаптации к экстремальным климато-экологическим условиям высоких широт и сохранения высокого уровня здоровья. В статье представлены усредненные величины потребностей в энергии и пищевых веществах, поступления незаменимых пищевых и биологически активных веществ для коренного малочисленного населения, ведущего кочевой образ жизни.

Особенностью структуры питания является усиление роли липидов и снижение энергетической ценности углеводов. На современном этапе характер питания коренных жителей приобретает «европейские» черты с увеличением доли углеводов и жиров за счет потребления кондитерских и хлебобулочных изделий, сливочного и растительного масла, а также появления в рационе питания консервированных продуктов, замороженных овощных и мясных полуфабрикатов. Данные изменения влекут за собой серьезные нарушения «метаболического здоровья», увеличение распространенности хронических неинфекционных заболеваний и свидетельствуют в пользу «средовой» гипотезы, в частности, влияния структуры питания на здоровье. Важнейшей медико-социальной проблемой является сохранение и оптимизация здоровья малочисленных народов Севера ЯНАО, повышение адаптированности населения к меняющимся экологическим факторам путем решения проблем питания.

Ключевые слова: *исконная среда обитания, тип питания, коренные жители ЯНАО, адаптация, нутриенты, сырьевая база, Ямал.*

В «Концепции устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера Ямало-Ненецкого автономного округа» определена одна из важнейших задач деятельности органов государственной власти: «сохранение исконной среды обитания и традиционного образа жизни малочисленных народов; повышение качества жизни, улучшение здоровья, создание системы жизнеобеспечения и социально-бытовых условий, способствующих удовлетворению жизненно важных потребностей малочисленных народов». Традиционный образ жизни и питания коренного малочисленного населения является одним из важнейших механизмов эффективной адаптации к экстремальным климато-экологическим условиям высоких широт и сохранения высокого уровня здоровья.

Питание коренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа претерпело значительные изменения, и в настоящее время нельзя считать традиционным. Интенсивная разработка стратегических энергоресурсов привела к трансформации не только исторически

сложившегося традиционного уклада жизни малочисленных народов, но и характера питания. Модификация структуры питания выражается в изменении набора продуктов питания и способа его приготовления, в увеличении потребления простых углеводов, растительных жиров (кондитерских и хлебобулочных изделий, сливочного и растительного масел, замороженных овощных и мясных полуфабрикатов и др.).

Переход на «европейский» тип питания привел к значительному росту заболеваемости среди коренного населения. Отклонения от адекватного питания отразились на показателях распространенности ранее не характерных для коренных жителей Севера хронических неинфекционных заболеваний, таких как ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертония, сахарный диабет и другие.

Общие энерготраты человека определяются энерготратами на основной обмен, на физическую активность, пищевой термогенез (специфическое динамическое действие пищи), факультативный (холодовой)

термогенез. Расход энергии на адаптацию к холодному климату Крайнего Севера увеличивается на 15 %. Пища обеспечивает организм энергией для поддержания температуры тела, выполнения механической работы, биосинтеза новых веществ, осуществления всех физиологических функций. Калорийность пищи складывается из энергетической ценности содержащихся в ней белков, жиров и углеводов. Рекомендуемые уровни потребления энергии для коренного малочисленного населения — от 3 280 до 4 830 ккал в сутки (табл. 1, 2).

Белок является важнейшим компонентом пищи человека и обеспечивает организм необходимым количеством аминокислот. Уровень потребления белка увеличивается при усилении негативного влияния экологических факторов среды обитания. Питание коренных жителей имеет белково-липидный характер. Белково-жировой тип питания способствовал формированию своеобразия ферментативных констелляций на уровне желудочно-кишечного тракта, печени и жировых депо. Качество белка определяется наличием в нем полного набора незаменимых аминокислот в определенном соотношении, как между собой, так и с заменимыми аминокислотами. Источниками полноценного белка, содержащего полный набор незаменимых аминокислот, являются продукты животного происхождения (оленина, рыба). Белки животного происхождения усваиваются организмом на 93–96 %.

Рекомендуемая величина потребления белка для коренного населения составляет от 120 до 135 г в сутки для мужчин, и от 96,0 до 105 г в сутки для женщин (табл. 1, 2).

Фактическое традиционное питание коренных жителей ЯНАО содержит 127,9±13,9 г/сутки или 142 г белка в сутки с учетом удовлетворения потребностей всех коренных жителей, в том числе имеющих высокую физиологическую потребность (табл. 3). Данную величину необходимо принять за основу. На долю белков животного происхождения в традиционном питании коренных жителей приходится до 80 % от суммарного белка, что составляет 114 г животного белка. Для обеспечения поступления в организм данного количества животного белка необходимо ежедневно потреблять 570 г оленины или 720 г рыбы, в год соответственно 208 кг оленины или 263 кг рыбы на одного человека.

У аборигенов высоких широт переключение энергетического обмена с углеводного типа на липидный приводит к увеличению вклада в энергетическую емкость рациона жиров пищи. Жиры являются концентрированным источником энергии и незаменимых пищевых веществ: линолевой, линоленовой кислот и жирорастворимых витаминов. Полиненасыщенные жирные кислоты — линолевая, линоленовая являются структурными элементами клеточных мембран и обеспечивают адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Таблица 1

Рекомендуемые уровни потребления пищевых веществ и энергии для коренного малочисленного населения Севера (мужчины)

| Показатель | 18–29 лет | 30–39 лет | 40–59 лет | 18–59 лет |
|--------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| Энергия, ккал | <4830 | 4540 | 4310 | 4550 |
| Белок, г | 135 | 128 | 120 | 127 |
| % от ккал | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Жиры, г | 177 | 166 | 158 | 167 |
| Жир, % от ккал | 33 | 33 | 33 | 33 |
| МНЖК, г (10 % от ккал) | 54 | 51 | 48 | 51 |
| ПНЖК, г (10 % от ккал) | 54 | 51 | 48 | 51 |
| Омега-6, г (8 % от ккал) | 43 | 40 | 38 | 41 |
| Омега-3, г (2 % от ккал) | 11 | 10 | 10 | 10 |
| Фосфолипиды, г | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Углеводы, г | 674 | 633 | 603 | 636 |
| Углеводы, % от ккал | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Сахар, г | <54 | <51 | <48 | <51 |
| Пищевые волокна, г | 20 | 20 | 20 | 20 |

Примечание: составлены в соответствии с рекомендациями ГУ НИИ питания РАМН с учетом половозрастных групп и физической активности (V группа — оленеводы), увеличения энергии на адаптацию к холоду на 15 %.

Таблица 2

Рекомендуемые уровни потребления пищевых веществ и энергии для коренного малочисленного населения Севера (женщины)

| Показатель | 18–29 лет | 30–39 лет | 40–59 лет | 18–59 лет |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Энергия, ккал | 3500 | 3390 | 3280 | 3390 |
| Белок, г | 105 | 98 | 96 | 100 |
| % от ккал | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Жиры, г | 117 | 113 | 109 | 113 |
| Жир, % от ккал | 30 | 30 | 30 | 30 |
| МНЖК, г (10 % от ккал) | 39 | 38 | 36 | 38 |
| ПНЖК, г (10 % от ккал) | 39 | 38 | 36 | 38 |
| Омега-6, г (8 % от ккал) | 31 | 30 | 29 | 30 |
| Омега-3, г (2 % от ккал) | 8 | 7,5 | 7,3 | 7,5 |
| Фосфолипиды, г | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Углеводы, г | 530 | 497 | 480 | 502 |
| Углеводы, % от ккал | 60 | 59 | 59 | 59 |
| Сахар, г | <39 | <38 | <36 | <38 |
| Пищевые волокна, г | 20 | 20 | 20 | 20 |

Примечание: составлены в соответствии с рекомендациями ГУ НИИ питания РАМН с учетом половозрастных групп и физической активности (III группа), увеличения энергии на адаптацию к холоду на 15 %.

Полиненасыщенные жирные кислоты являются предшественниками высокоактивных регуляторов обмена веществ эйкозаноидов (простагландины, тромбоксаны, лейкотриены). Жиры рыб относятся к высоконенасыщенным уникальным жирам и содержат полиненасыщенные жирные кислоты Ω -3 класса с длинной боковой цепью. Рекомендуемая величина потребления жира составляет от 158 до 177 г/сутки для мужчин и от 96 до 105 г/сутки для женщин (табл. 1, 2).

Фактический уровень потребления жира в традиционном питании коренного населения Ямала составляет $158,6 \pm 19,7$ г/сутки или 178 г с учетом удовлетворения потребностей всех коренных жителей, в том числе имеющих высокую физиологическую потребность. 48,5 г жира содержится в 570 г оленины и 58 г жира — 720 г рыбы, что недостаточно и свидетельствует о необходимости допол-

нительного введения жира в рацион питания с другими продуктами.

Углеводы пищи делятся на простые, включающие моно- и дисахариды, и сложные углеводы — полисахариды. Полисахариды включают крахмальные полисахариды (крахмал и гликоген) и неусвояемые полисахариды — пищевые волокна (клетчатка, гемицеллюлоза, пектин). Пищевые волокна обеспечивают поддержание нормальной функции желудочно-кишечного тракта, влияют на состав микрофлоры и перистальтику кишечника. В традиционном питании коренных жителей энергетическая значимость углеводов снижена.

Фактический уровень потребления углеводов составляет $281,7 \pm 21,0$ г/сутки или 300 г в сутки в соответствии с верхней границей фактического потребления. Уровень потребления чистого сахара не должен превышать 50 г/сутки.

Таблица 3

Уровень потребления основных нутриентов коренными жителями Ямало-Ненецкого автономного округа ($M \pm m$)

| Макронутриент и энергия | Традиционное питание | Нетрадиционное питание | Средние значения потребления |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| Энергетическая ценность, ккал | 3105±201 | 2458±187* | 2782±194 |
| Белок, г | 127,9±13,9 | 107,0±11,1 | 117,5±12,5 |
| Белок, % | 17 | 18 | 18 |
| Жир, г | 158,6±19,7 | 91,4±8,9** | 125,0±14,3 |
| Жир, % | 46 | 34 | 40 |
| Углеводы, г | 281,7±21,0 | 286,9±17,2 | 284,3±19,1 |
| Углеводы, % | 37 | 48 | 42 |
| Б:Ж:У | 1:1,2:2,2 | 1:0,9:2,7 | 1:1,1:2,4 |

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Рекомендуемые уровни потребления витаминов и минеральных веществ для коренного населения Севера

| Витамины | Уровень потребления | Минеральные вещества | Уровень потребления |
|---------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Витамин С, мг | 90 | Кальций, мг | 1000 |
| Витамин В1, мг | 1,5 | Фосфор, мг | 800 |
| Витамин В2, мг | 1,8 | Магний, мг | 400 |
| Витамин В6, мг | 2,0 | Калий, мг | 2500 |
| Ниацин, мг | 20 | Натрий, мг | 1300 |
| Витамин В12, мкг | 3,0 | Хлориды | 2300 |
| Фолаты, мкг | 400 | Железо, мг , муж/жен | 10/18 |
| Пантотеновая кислота, мкг | 5,0 | Цинк, мг | 12 |
| Биотин, мкг | 50 | Йод, мкг | 150 |
| Витамин А, мкг рет. экв. | 900 | Медь, мг | 1,0 |
| Бета-каротин, мг | 5,0 | Марганец, мг | 2,0 |
| Витамин Е, мг ток. экв. | 15 | Селен, мкг, муж/жен | 70/55 |
| Витамин Д, мкг | 10 | Хром, мкг | 50 |
| Витамин К, мкг | 120 | Молибден, мкг | 70 |

Примечание: составлены в соответствии с рекомендациями ГУ НИИ питания РАМН.

Незаменимыми пищевыми факторами являются витамины и минеральные вещества — низкомолекулярные органические вещества, необходимые для осуществления механизмов ферментативного катализа, адекватного уровня обменных реакций, поддержания гомеостаза, биохимического сопровождения всех жизненных функций организма (табл. 4). Экстремальность среды обитания, климатические факторы обуславливают повышенную потребность в витаминах. Традиционное питание коренного населения обеспечивает значительное поступление витаминов с мясом и рыбой в сыром виде. Природные антиоксиданты, содержащиеся в строганине из мяса и рыбы, мозгах и печени оленя, жире рыбы защищают клеточные мембраны от повреждающего действия свободно-радикальных соединений и нивелируют негативные эффекты белково-липидной структуры питания.

Таким образом нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах определяют усредненные величины необходимого поступления незаменимых пищевых и биологически активных веществ, обеспечивающих оптимальную реализацию физиолого-биохимических процессов, закрепленных в генотипе человека.

Результатом процессов многовековой адаптации коренных жителей Севера является формирование особых традиций питания, характерными чертами которого являются усиление роли липидов и снижение энергетической ценности углеводов. Характер питания коренных жителей приобретает «европейские» черты. В рационе питания увеличивается доля углеводов и жиров за счет потребления кондитерских и хлебобулочных изделий, сливочного и растительного масла, а также появления в рационе питания консервированных продуктов, замороженных овощных и мясных полуфабрикатов. Данные изменения влекут за собой серьезные нарушения «метаболического здоровья», увеличение распространенности хронических

неинфекционных заболеваний и свидетельствуют в пользу «средовой» гипотезы, в частности, влияния структуры питания на здоровье.

Важнейшей медико-социальной проблемой является сохранение и оптимизация здоровья малочисленных народов Севера ЯНАО. Пути решения медико-социальных проблем питания и здоровья коренных малочисленных жителей Ямала:

— усилить агропромышленный комплекс с целью увеличения занятости коренного населения в естественных и привычных традиционных промыслах для уменьшения оттока населения и получения достаточного дохода из традиционной сферы труда;

— улучшить просветительскую работу в отношении сохранения традиционного типа питания среди коренных жителей поселков округа;

— в национальных поселках организацию продовольственного обеспечения рекомендуется проводить с учетом структуры традиционного типа питания для оптимизации здоровья коренного малочисленного населения. Создавать социальные магазины, ориентированные на продукцию традиционных отраслей хозяйствования для коренных жителей поселков;

— предоставлять натуральную адресную помощь в виде традиционных продуктов питания в первую очередь жителям поселков;

— разработать и производить нутрицевтические и парафармацевтические препараты на основе местной сырьевой базы, ориентированные на дисбаланс структуры питания коренных жителей округа.

Сохранение и восстановление здоровья коренных малочисленных народов Севера возможно только при условии сохранения среды обитания, традиционных форм и методов хозяйствования, использования традиционных продуктов питания.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Агаджанян Н. А., Марачев А. Т., Бобков Т. А. Экологическая физиология человека. М.: КРУК, 1998. 416 с.
- Агбалян Е. В. Оценка алиментарных рисков здоровью населения Крайнего Севера // Сборник материалов научной сессии «Экологические риски здоровью населения на Крайнем Севере», 25 апреля 2007 года, г. Надым. Тюмень: Сити-пресс, 2007. С. 12–16.
- Береснева Л. А. Влияние типов питания на иммунный статус коренных народов Ямала: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тюмень, 2005. 15 с.
- Буганов А. А., Новокрестова С. В. Эпидемиология ишемической болезни сердца и факторов риска среди коренного населения Ямальского Севера. Надым, 2001. 93 с.
- Василькова Т. Н. Клинические и гигиенические аспекты формирования метаболического синдрома у населения Крайнего Севера: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Тюмень, 2009. 48 с.
- Ионова И. Е. Особенности характера питания и здоровья коренного (малочисленного) и пришлого населения Крайнего Севера: дис. ... канд. мед. наук. М., 2004. 127 с.
- Казначеев В. П. Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина (ленинградское отделение), 1980. 197 с.
- Кандрор И. С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М., 1968. 112 с.
- Концепция устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера Ямало-Ненецкого автономного округа. Утв. Постановлением Законодательного Собрания Ямало-Ненецкого автономного округа от 09.12.2009 г. № 132-р. Салехард, 2009. 13 с.
- Панин Л. Е. Гомеостаз и питание в приполярных районах // Бюллетень Сиб. отд. академии наук СССР. 1987. № 6. С. 60–65.
- Панин Л. Е. Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 192 с.
- Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.
- Хаснулин В. И., Ефимова Л. П., Хаснулина А. В., Кудряшова В. Е. Обоснование норм здорового потребления обскими уграми рыбы с учетом требований северного типа обмена веществ (методическое письмо). Новосибирск, 2007. 15 с.
- Харючи Г. П. Традиции и инновации в этнической культуре ненцев (вторая половина XX века): автореф. дис. ... канд. ист. наук. Томск, 1999. 18 с.
- Хотимченко С. А., Алексеева И. А., Суханов Б. П., Степчук М. А., Тутельян В. А. Особенности питания коренного и пришлого населения, проживающего в районах Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. 1996. № 5. С. 37–40.

**RECOMMENDATIONS ON FORMATION OF EFFECTIVE ADAPTATION
TO INDIGENOUS COMMUNITY YAMALO-NENETS AUTONOMOUS
DISTRICT ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE HABITAT**

Traditional food indigenous community is one of the most important mechanisms of adaptation to extreme climatic-environmental conditions of high latitudes and maintain a high level of health. Presented are average values of energy needs and nutrients, revenues essential nutritional and biologically active substances for the indigenous community, leading a nomadic life.

A feature of the structure of power is the strengthening of the role of lipids and the decrease in energy value of carbohydrates. At the present stage, the diet of indigenous people is becoming "European" features an increase in the proportion of carbohydrates and fats due to the consumption of confectionery and bakery products, butter and vegetable oil, as well as the emergence in the diet of canned products, frozen vegetable and meat products. These changes entail serious violations of "metabolic health", the increased prevalence of chronic non-communicable diseases and argue in favor of "environmental" hypotheses, in particular the influence of dietary patterns on health. The most important medico-social problem is the preservation and optimization of health of the indigenous minorities of the North, Yamal-Nenets Autonomous district, increase the adaptation of population to changing environmental factors by addressing issues of supply.

Keywords: *ancestral habitat, type of food, the indigenous people YaNAO, adaptation, nutrients, raw materials, Yamal.*

Л. Э. Табиханова, Л. П. Осипова, Т. В. Чуркина, Е. Н. Воронина, М. Л. Филипенко

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ЦИТОХРОМА P450 CYP1A1 (ILE462 VAL) У ПОТОМКОВ СМЕШАННЫХ БРАКОВ ТУНДРОВЫХ НЕНЦЕВ С РУССКИМИ*

Проведено исследование полиморфизма гена цитохрома P450 CYP1A1 — вариант CYP1A1*2C (Ile462Val, rs1048943). Носительство варианта 462Val резко увеличивает возможность мутационных изменений ДНК и может являться фактором риска развития ряда онкологических и других мультифакториальных заболеваний. Исследование проведено в Пуровском и Тазовском районах Ямало-Ненецкого автономного округа. Выборка состояла из потомков от смешанных браков ненцев с русскими. Генотипирование проводили с помощью ПЦР в режиме реального времени с использованием конкурирующих TaqMan-зондов. Частота варианта 462Val в метисной выборке ненцев составила 18,7 %, что достоверно выше значений, характерных для европеоидных популяций (2–6 %), но ниже, чем в популяциях Восточной Азии (25 %) и у индейцев Америки (35 %). Поскольку частота мутантного варианта 462Val в смешанной выборке ниже, чем в исходной ненецкой, составляющей 23,8 %, это позволяет расценивать метисацию в качестве фактора, уменьшающего популяционный риск развития мультифакториальных заболеваний в меняющихся условиях среды обитания.

Ключевые слова: генетика человека, тундровые ненцы, метисы, ксенобиотики, ПЦР в режиме реального времени, CYP1A1 Ile462Val, rs1048943.

Современный технологический уклад привносит в среду обитания человека новые химические вещества (ксенобиотики), некоторые из которых могут рассматриваться в качестве факторов, способствующих развитию ряда онкологических и других мультифакториальных заболеваний. Важную роль в защите организма от этих вредных веществ играют ферменты системы биотрансформации ксенобиотиков (СБК). Среди главнейших представителей СБК выделяется семейство цитохромов P450 (CYP), которые не только защищают организм человека от воздействия чужеродных веществ, но и принимают участие в метаболизме эндогенных веществ (гормонов, медиаторов воспаления и др.) [Саприн; Баранов, Баранова, Иващенко; Гичев; Nebert, Dalton; Rendic, Guengerich; Razmkhah et al.]. Гены ферментов СБК высокополиморфны, что является одной из причин индивидуальных различий в устойчивости (или чувствительности) к воздействию неблагоприятных внешних факторов (ксенобиотиков, ионизирующего излучения и др.) и, следовательно, в наследственной предрасположенности к развитию мультифакториальных заболеваний, включая онкологические [Garte et al.; Иващенко и др.; Li et al.; Boyarati et al.; Жученко и др.; Ляхович и др.; Rendic, Guengerich;

Razmkhah et al.]. Цитохром CYP1A1 метаболизирует диоксины, которые образуются при производстве бумаги, гербицидов, сжигании отходов производства, а также обезвреживает полициклические ароматические углеводороды (бенз(а)пирен), образующиеся при жарке пищи, курении табака, сжигании нефтепродуктов и мусора [Hasler et al.; Zhang et al.].

В гене CYP1A1 было описано несколько аллельных вариантов. В настоящей работе исследован вариант CYP1A1*2C (rs1048943), обусловленный транзицией аденина на гуанин в положении 2455 в 7 экзоне гена, которая ведет к замене изолейцина на валин (Ile462Val) в аминокислотной последовательности каталитического центра фермента. Активность такого фермента повышена в два раза, что ведет к накоплению реактивных промежуточных веществ в ходе реакции обезвреживания ксенобиотиков и резкому увеличению вероятности мутационных изменений ДНК и химически индуцируемого канцерогенеза. В связи с этим, вариант 462Val рассматривают в качестве фактора риска для развития ряда мультифакториальных заболеваний. Показано, например, что наличие аллельного варианта 462Val значительно повышает риск развития рака почек [Chen J. et al.], легкого [Butkiewicz

* Исследование поддержано Государственным контрактом ЯНАО № 05-ГК от 26 октября 2011 г., комплексной программой Сибирского отделения РАН II.2. № 0324-2015-0033 и РФФИ-ГФЕН 15-54-53091.

et al.; London et al.; Chen S. et al.; Xue et al.; Hung et al.], мочевого пузыря [Измайлов и др.], рака полости рта [Hahn et al.; Marques et al.], рака желудка [Севостьянова и др.], лейкемии [Taspinar et al.; Razmkhah et al.], острой лейкобластной анемии [Joseph et al.; Gallegos-Arreola et al.]. Частота клеток с хромосомными aberrациями значительно повышается, если в геноме присутствует хотя бы один аллель 462Val гена *CYP1A1* [Минина и др.]. Доказано участие цитохрома *P450 1A1* в патогенезе такого тяжелого наследственного заболевания, как муковисцидоз, а также в развитии некоторых хронических заболеваний дыхательной системы [Корытина, Янбаева, Викторова].

Распространенность варианта *CYP1A1 462Val* изучена во многих мировых популяциях [Garte et al.; Abecasis et al.]. Наименьшая частота аллеля *CYP1A1 462Val* наблюдается в популяциях Африки (0–1 %), чуть выше у народов Европы — 2–6 %. Невысока частота аллеля 462Val в популяциях Южной Азии (10–14 %). Но в популяциях Восточной Азии данный вариант встречается гораздо чаще (19–33 %), а самая высокая его частота наблюдается у индейцев Америки (28–71 %, в среднем 35 %).

Исследования распространенности варианта *CYP1A1 462Val* проведены и в некоторых российских популяциях [Дужак и др.; Кочетова и др.; Тийс и др.], в том числе и у коренных жителей Сибири — нганасан Таймыра и тундровых ненцев Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Было показано, что у тундровых ненцев ЯНАО частота аллеля *CYP1A1 462Val* равна 23,8 %, что достоверно выше ($p < 0,001$), чем в выборке русских, проживающих в северной Сибири — 5,8 % [Тийс и др.]. Довольно широкое распространение данного варианта в аборигенных сибирских популяциях указывает на наличие некоторого популяционного риска развития заболеваний, в патогенезе которых может принимать участие *CYP1A1*2C (Ile462Val, rs1048943)*, особенно в связи с усиливающимся промышленным загрязнением среды обитания.

Тундровые ненцы являются одним из самых многочисленных коренных народов российского Севера. По антропологическим и генетическим данным в генофонде тундровых ненцев, типичных представителей самодийского этноса, есть как монголоидная, так и европеоидная компоненты [Осипова; Осипова и др.]. В связи с промышленным освоением Ямало-Ненецкого автономного округа в регионе увеличивается доля пришлого европеоидного населения, при этом брачные контакты оказываются неизбежными. В настоящее время наблюдается увеличение числа браков между коренными жителями Сибири и пришлым населением, поэтому изучение у метисов полиморфизма генов ферментов системы биотрансформации ксенобиотиков представляется актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашей работе исследовалась выборка ДНК (N=155) потомков 1-го и 2-го поколений от смешан-

ных браков ненцев с русскими. Материал для исследования был собран во время экспедиций в Пуровский и Тазовский районы ЯНАО (1992–2014 гг.) под руководством к.б.н. Л. П. Осиповой. Процедуры сбора образцов крови проводили в соответствии с Хельсинкской Декларацией прав человека (Helsinki Declaration of Human Rights), в связи с чем участники исследования, практически здоровые на момент исследования, добровольно подписали форму «Информированного согласия». Данное исследование одобрено также этическим комитетом ИЦиГ СО РАН. Образцы ДНК были выделены из лейкоцитарных фракций венозной крови стандартным методом фенол-хлороформной экстракции с использованием протеиназы К [Taspinar et al.]. Генотипирование однонуклеотидной замены A2455G (*CYP1A1*2C, Ile462Val*) в гене *CYP1A1* проводили с помощью ПЦР в режиме реального времени с использованием конкурирующих TaqMan-зондов. Каждый образец амплифицировался с использованием пары праймеров и двух зондов, несущих «гаситель» на 3'-конце и разные флуоресцентные красители (FAM либо R6G) на 5'-конце. Последовательности праймеров и зондов были следующими: 5'-agtgagaagggtgattatctttgg-3'; 5'-agcaggatagccaggaagag-3' и 5'-FAM-tgagaccattgcccgcgtg-BHQ-3'; 5'-R6G-tgagaccgttggcccgcgtg-BHQ-3'; соответственно. Общий объем реакционной смеси составлял 25 мкл, смесь содержала ДНК с концентрацией 15 нг/мкл, 300 нМ каждого праймера; по 100–200 нМ Taqman-зондов, конъюгированных с FAM или R6G; 200 мкМ dNTPs, амплификационный буфер (650 мМ Tris-HCl, 240 мМ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,5 % Tween 20, 35 мМ MgCl_2), Taq-полимеразу. ПЦР проводилась в следующих условиях: начальная денатурация 1 мин. 30 сек. при 96 °С; затем 45 циклов, включающих денатурацию при 96 °С 8 сек., отжиг праймеров и последующую элонгацию при 62 °С в течение 40 сек. (каждый шаг сопровождался регистрацией флуоресцентного сигнала в диапазонах, соответствующих интервалам флуоресценции флуорофоров FAM и R6G). Работа проводилась с использованием амплификатора iCycler iQ 4 (Bio-Rad, USA). Полученные данные обрабатывались с помощью программы «Bio-Rad iQ 5».

Популяционные частоты аллельных вариантов вычисляли на основе наблюдаемых частот генотипов. Оценку соответствия частот генотипов равновесию Харди-Вайнберга проводили с использованием критерия χ^2 Пирсона (при $p > 0,05$ равновесие выполняется). Для оценки достоверности различий в частотах аллелей между популяционными выборками был применен критерий χ^2 с поправкой Йейтса (при $p < 0,05$ различия считались статистически значимыми).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение генотипов полиморфного локуса *CYP1A1 Ile462Val* было изучено в образцах ДНК от 155 представителей метисов. В исследованной выборке распределение частот генотипов соответствует

равновесию Харди-Вайнберга ($p=0,809$). Результаты собственного исследования, а также данные о встречаемости варианта *CYP1A1 462Val* в родительских популяциях тундровых ненцев и русских Сибири, полученные в нашей лаборатории и опубликованные ранее, представлены в таблице 1. Нами оценена достоверность различий в частотах аллеля *CYP1A1*2C 462Val* между выборками тундровых ненцев, русских Сибири и метисов, а также проведено сравнение с некоторыми мировыми популяциями, данные о которых найдены в литературе (табл. 2).

В выборке метисов частота аллеля *462Val* составила 18,7 %, что несколько ниже, чем в родительской популяции тундровых ненцев (23,8 %) и достоверно выше частоты в выборке русских Сибири — 5,8 %. Стоит отметить, что в выборку метисов попали не только потомки от смешанных браков первого поколения, но и их дети, унаследовавшие лишь четверть «европейских» генов от русского деда или бабушки, в то время как предки по другим линиям были ненцами. Достоверными оказались различия метисной выборки ненцев от других выборок европейцев, а также восточных и южных азиатов, африканцев и американцев.

В популяции русских Сибири частота аллеля *462Val* в целом соответствует литературным данным о частоте этого варианта в европеоидных популяциях. Не обнаружено статистически значимых различий между данной выборкой и ранее изученной выборкой русских [Кочетова и др.], а также собирательной выборкой европеоидов [Garte et al.]. Выборка русских Сибири достоверно отличается также и от популяций Африки, Азии и Америки.

Что касается этнической популяции тундровых ненцев, то частота *462Val* соответствует частотам, ха-

рактерным для монголоидных популяций. Не обнаружено статистически значимых различий между выборкой тундровых ненцев и популяциями Восточной Азии. В то же время тундровые ненцы достоверно отличаются по частоте аллеля *462Val* от народов Южной Азии, Европы, Африки и Америки.

Таким образом у потомков смешанных браков аллель *462Val* встречается с частотой, превышающей значения, характерные для европеоидных популяций. В связи с тем, что в настоящее время на территории проживания ненцев происходит интенсивное развитие промышленности, приводящее к проникновению в их среду обитания потенциальных канцерогенов, стоит принять во внимание, что наличие варианта *CYP1A1 Ile462Val* среди метисов, как и среди этнических представителей тундровых ненцев, может указывать на несколько повышенный риск развития онкологических и ряда других заболеваний, в патогенезе которых принимает участие цитохром *P450 1A1*. Однако, в выборке потомков от смешанных браков продемонстрировано уменьшение частоты аллеля *462Val*, по сравнению с родительской популяцией тундровых ненцев, что позволяет расценивать метисацию в качестве фактора, уменьшающего популяционный риск развития мультифакториальных заболеваний в меняющихся условиях среды обитания.

Однако важно подчеркнуть, что данный вывод сделан на основании изучения только одного полиморфизма гена цитохрома *CYP1A1*. Необходимы исследования и других полиморфизмов генов системы биотрансформации ксенобиотиков для получения более точной картины.

Авторы выражают благодарность Н. А. Вавиловой, Молетотовой и Н. А. Бурлаковой за участие в экспедициях и техническую помощь.

Таблица 1

Распределение генотипов полиморфного локуса *CYP1A1 Ile462Val* (*rs 1048943*) в родительских популяциях тундровых ненцев и русских Севера Сибири и у потомков от смешанных браков (метисов)

| Популяция | N, (человек) | Распределение генотипов <i>CYP1A1 Ile462Val</i> | | | Частота аллеля <i>462Val</i> | Соответствие равновесию Харди-Вайнберга, p |
|------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------------------|
| | | AA (<i>Ile/Ile</i>) | AG (<i>Ile/Val</i>) | GG (<i>Val/Val</i>) | | |
| Тундровые ненцы [Тийс и др.] | 271 | 163 (60,2 %) | 87 (32,1 %) | 21 (7,8 %) | 23,8 % | 0,058 |
| Русские Сибири [Тийс и др.] | 267 | 240 (89,9 %) | 23 (8,6 %) | 4 (1,5 %) | 5,8 % | 0,549 |
| Метисы* | 155 | 101 (65,1 %) | 50 (32,3 %) | 4 (2,6 %) | 18,7 % | 0,809 |

* Собственные данные

Частота аллеля CYP1A1*2C (2455G, 462Val) в некоторых мировых популяциях (этнических группах) и сравнение популяций (p-value).

| Популяция/ этническая группа | N, (человек) | Частота аллеля 462Val, % | Достоверность различий между популяциями (p-value) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | | тундровые ненцы | русские Севера | метисы |
| Тундровые ненцы [Тийс и др.] | 271 | 23,8 | | p<0,001 | 0,100 |
| Русские Севера [Тийс и др.] | 267 | 5,8 | p<0,001 | | p<0,001 |
| Метисы* | 155 | 18,7 | 0,100 | p<0,001 | |
| Русские [Кочетова и др.] | 451 | 4,6 | p<0,001 | 0,380 | p<0,001 |
| Европеоиды [Garte et al.] | 4790 | 5,2 | p<0,001 | 0,612 | p<0,001 |
| Восточные азиаты в целом (китайцы, японцы, вьетнамцы) [Abecasis et al.] | 504 | 25,0 | 0,644 | p<0,001 | 0,027 |
| Американцы в целом (мексиканцы, перуанцы, колумбийцы, пуэрториканцы) [Abecasis et al.] | 347 | 35,0 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
| Африканцы в целом [Abecasis et al.] | 661 | 1,0 | p<0,001 | p<0,001 | p<0,001 |
| Южные азиаты в целом (бенгальцы, индусы, пенджабцы, тамилы) [Abecasis et al.] | 489 | 13,0 | p<0,001 | p<0,001 | 0,016 |

Примечание: * — собственные данные; жирным шрифтом выделены статистически значимые величины парных различий.

БИБЛИОГРАФИЯ

Баранов В. С., Баранова Е. Б., Иващенко Т. Э. Геном человека и «гены предрасположенности» (Введение в предиктивную медицину). СПб.: Интермедика, 2000. 272 с.

Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. Новосибирск: СО РАМН, 2002. 254 с.

Дужак Т. Г., Гуткина Н. И., Митрофанов Д. В., Афанасьева О. А., Ляхович В. В., Посух О. Л., Крюков Ю. А., Осипова Л. П. Изучение полиморфизмов генов CYP1A1 и CYP2D6 в популяциях тундровых ненцев и европеоидов Западной Сибири // Генетика. 1998. Т. 34, № 11. С. 1555–1558.

Жученко Н. А., Умнова Н. В., Румак В. С., Ревазова Ю. А., Сидорова И. Е., Хрипач Л. В., Лазаренко Д. Ю., Софронов Г. А. Врожденные морфогенетические вари-

анты и генетический полиморфизм системы детоксикации ксенобиотиков у детей из загрязненных диоксидами районов Южного Вьетнама // Вестник РАМН. 2006. № 7. С. 3–10.

Иващенко Т. Э., Швец Н. Ю., Крамарева Н. Л., Айламазян Э. К., Баранов В. С. Анализ полиморфных аллелей генов, кодирующих ферменты 1-й и 2-й фазы детоксикации, у больных эндометриозом // Генетика. 2003. Т. 39, № 4. С. 525–529.

Измайлов А. А., Павлов В. Н., Измайлова С. М., Мустафин А. Т., Урманцев М. Ф., Алексеев А. В., Загитов А. Р., Викторова Т. В., Ногманова В. А. Молекулярно-генетические маркеры прогноза при поверхностном раке мочевого пузыря // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. Т. 6, № 5. С. 47–51.

- Корытина Г. Ф., Янбаева Д. Г., Викторова Т. В. Роль полиморфных вариантов генов цитохромов P450 (CYP1A1, CYP2E1) и микросомальной эпоксидгидролазы (mEPHX) в патогенезе муковисцидоза и хронических заболеваний дыхательной системы // Молекулярная биология. 2003. Т. 37, № 5. С. 784–792.
- Кочетова О. В., Корытина Г. Ф., Ахмадишина Л. З., Исхакова Г. М., Викторова Т. В. Анализ полиморфизма гена цитохрома P450 1A1 (CYP1A1) в этнических группах республики Башкортостан // Генетика человека. 2008. Т. 44, № 12. С. 1677–1683.
- Ляхович В. В., Вавилин В. А., Макарова С. И., Гришанова А. Ю. Экогенетический аспект полифакторных заболеваний // Информационный вестник ВОГиС. 2006. Т. 10, № 3. С. 514–519.
- Минина В. И., Дружинин В. Г., Глушков А. Н., Головина Т. А., Апалько С. В., Волков А. Н., Ахматьянова В. Р., Лунина А. А., Ларионов А. В. Генотоксические эффекты комплексного воздействия радона и тяжелых металлов в зависимости от полиморфизма генов ферментов монооксигеназной системы // Экологическая генетика. 2009. Т. VII, № 3. С. 53–60.
- Осипова Л. П. Генетические маркеры иммуноглобулинов (система Gm) для оценки процессов миграции и метисации в популяциях человека в Северной Сибири // Сибирский экологический журнал. 1994. Т. 1, № 2. С. 129–140.
- Осипова Л. П., Посух О. Л., Ивакин Е. А., Крюков Ю. А., Карафет Т. М. Генофонд коренных жителей Самбургской тундры // Генетика. 1996. Т. 32, № 6. С. 830–836.
- Саприн А. Н. Ферменты метаболизма и детоксикации ксенобиотиков // Успехи биологической химии. 1991. Т. 32. С. 146–172.
- Севостьянова Н. В., Некрасова А. М., Кошель А. П., Дмитриева А. И., Мартов С. И., Клоков С. С., Ракитин С. С. Полиморфизм генов эксцизионной репарации ДНК и генов ферментов биотрансформации ксенобиотиков у больных раком желудка // Якутский медицинский журнал. 2009. Т. 2, № 26. С. 11–113.
- Тийс Р. П., Осипова Л. П., Чуркина Т. В., Табиханова Л. Э., Личман Д. В., Воронина Е. Н., Филипенко М. Л. Полиморфизм гена цитохрома P450 CYP1A1 (ILE462VAL) в популяциях тундровых ненцев Ямало-Ненецкого автономного округа, нганасан Таймыра и русских Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 1. С. 16–22.
- Abecasis G. R., Auton A., Brooks L. D., DePristo M. A., Durbin R. M., Handsaker R. E., Kang H. M., Marth G. T., McVean G. A. The 1000 Genomes Project Consortium. An integrated map of genetic variation from 1,092 human genomes // Nature. 2012. Vol. 491, № 7422. P. 56–65.
- Boyapati S. M., Shu X. O., Gao Y. T., Cai Q., Jin F., Zheng W. Polymorphisms in CYP1A1 and breast carcinoma risk in a population-based case-control study of Chinese women // Cancer. 2005. Vol. 103, № 10. P. 2228–2235.
- Butkiewicz D., Cole K. J., Phillips D. H., Harris C. C., Chorazy M. GSTM1, GSTP1, CYP1A1 and CYP2D6 polymorphisms in lung cancer patients from an environmentally polluted region of Poland: correlation with lung DNA adduct levels // European Journal of Cancer Prevention. 1999. Vol. 8, № 4. P. 315–324.
- Chen J., Cheng M., Li Y., Jiang C. Relationship between CYP1A1 genetic polymorphisms and renal cancer in China // Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. 2011. Vol. 12. P. 2163–2166.
- Chen S., Xue K., Xu L., Ma G., Wu J. Polymorphisms of the CYP1A1 and GSTM1 genes in relation to individual susceptibility to lung carcinoma in Chinese population. Mutation Research // Mutation Research / Mutation Research Genomics. 2001. Vol. 458, № 1. P. 41–47.
- Gallegos-Arreola M. P., Batista-González C. M., Delgado-Lamas J. L., Figuera L. E., Puebla-Pérez A. M., Arnaud-López L., Peralta-Leal V., Ramírez-Jirano L. J., Zúñiga-González G. M. Cytochrome P4501A1 polymorphism is associated with susceptibility to acute lymphoblastic leukemia in adult Mexican patients // Blood Cells, Molecules, and Diseases. 2004. Vol. 33. P. 326–329.
- Garte S., Gaspari L., Alexandrie A.-K., Ambrosone C., Autrup H., Autrup J. L., Baranova H., Bathum L., Benhamou S., Boffetta P., Bouchardy C., Breskvar K., Brockmoller J., Cascorbi I., Clapper M. L., Coutelle C., Daly A., Dell'Omo M., Dolzan V., Dresler C. M., Fryer A., Haugen A., Hein D. W., Hildesheim A., Hirvonen A., Hsieh L. L., Ingelman-Sundberg M., Kalina I., Kang D., Kihara M., Kiyohara C., Kremers P., Lazarus P., Le Marchand L., Lechner M. C., van Lieshout E. M., London S., Manni J. J., Maugard C. M., Morita S., Nazar-Stewart V., Noda K., Oda Y., Parl F. F., Pastorelli R., Persson I., Peters W. H., Rannug A., Rebbeck T., Risch A., Roelandt L., Romkes M., Ryberg D., Salagovic J., Schoket B., Seidegard J., Shields P. G., Sim E., Sinnett D., Strange R. C., Stücker I., Sugimura H., To-Figueras J., Vineis P., Yu M. C., Taioli E. Metabolic gene polymorphism frequencies in control populations // Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention. 2001. Vol. 10. P. 1239–1248.
- Hahn M., Hagedorn G., Kuhlisch E., Schackert H. K., Eckelt U. Genetic polymorphisms of drug-metabolizing enzymes and susceptibility to oral cavity cancer // Oral Oncology. 2002. Vol. 38, № 5. P. 486–490.
- Hasler J. A., Estabrook R., Murray M., Pikuleva I., Waterman M., Capdevila J., Holla V., Helvig C., Falck J. R., Farrell G., Kaminsky L. S., Spivack S. D., Boitier E., Beaune F. Human cytochromes P450 // Molecular Aspects of Medicine. 1999. Vol. 20. P. 1–137.
- Hung R. J., Boffetta P., Brockmoller J., Butkiewicz D., Cascorbi I., Clapper M. L., Garte S., Haugen A., Hirvonen A., Anttila S., Kalina I., Le Marchand L., London S. J., Rannug A., Romkes M., Salagovic J., Schoket B., Gaspari L., Taioli E. CYP1A1 and GSTM1 genetic polymorphisms and lung cancer risk in Caucasian non-smokers: a pooled analysis // Carcinogenesis. 2003. Vol. 24, № 5. P. 875–882.
- Joseph T., Kusumakumary P., Chacko P., Abraham A., Radhakrishna Pillai M. Genetic polymorphism of CYP1A1, CYP2D6, GSTM1 and GSTT1 and susceptibility to acute lymphoblastic leukaemia in Indian children // Pediatr Blood Cancer. 2004. Vol. 43, № 5. P. 560–567.
- Li Y., Millikan R. C., Bell D. A., Cui L., Tse C. K., Newman B., Conway K. Polychlorinated biphenyls, cytochrome

P450 1A1 (CYP1A1) polymorphisms, and breast cancer risk among African American women and White women in North Carolina: a population based case-control study // *Breast Cancer Research*. 2004. Vol. 7, № 1. P. 12–18.

London S. J., Yuan J.-M., Coetzee G. A., Gao Y. T., Ross R. K., Yu M. C. *CYP1A1 I462V* genetic polymorphism and lung cancer risk in a cohort of men in Shanghai, China // *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2000. Vol. 9. P. 987–991.

Marques C. F. S., Koifman S., Koifman R. J., Boffetta P., Brennan P., Hatagima A. Influence of CYP1A1, CYP2E1, GSTM3 and NAT2 genetic polymorphisms in oral cancer susceptibility: Results from a case-control study in Rio de Janeiro // *Oral Oncology*. 2006. Vol. 42, № 6. P. 632–637.

Nebert D. W., Dalton T. P. The role of cytochrome P450 enzymes in endogenous signalling pathways and environmental carcinogenesis // *Nature Reviews Cancer*. 2006. Vol. 6, № 12. P. 947–960.

Razmkhah F., Pazhakh V., Zaker F., Atashrazm F., Sheikhi M. Frequency of *CYP1A1*2C* polymorphism in patients with leukemia in the Iranian population // *Lab Medicine*. 2011. Vol. 42, № 4. P. 220–223.

Rendic S., Guengerich F. P. Summary of information on the Effects of Ionizing and Non-ionizing Radiation on Cytochrome P450 and Other Drug Metabolizing Enzymes and Transporters // *Current Drug Metabolism*. 2012. Vol. 13, № 6. P. 787–814.

Sambrook J., Fritsch E. F., Maniatis T. *Molecular Cloning. A Laboratory Manual*. NY.: Cold Spring Harbor Laboratory, 1989. 1885 p.

Taspinar M., Aydos S. E., Comez O., Elhan A. H., Karabulut H. G., Sunguroglu A. CYP1A1, GSTs gene polymorphisms and risk of chronic myeloid leukaemia // *Swiss Medical Weekly*. 2008. Vol. 138. P. 12–17.

Xue K., Xu L., Chen S., Ma G., Wu J. Polymorphisms of the *CYP1A1* and *GSTM1* genes in relation to individual susceptibility to lung carcinoma in Chinese population // *Mutation Research / Mutation Research Genomics*. 2001. Vol. 458, № 1–2. P. 41–47.

Zhang Z., Pelletier R. D., Wong Y. N., Sugawara M., Zhao N., Littlefield B. A. Preferential inducibility of CYP1A1 and CYP1A2 by TCDD: Differential regulation in primary human hepatocytes versus transformed human cells // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2006. Vol. 341. P. 399–407.

POLYMORPHISM OF THE CYTOCHROME P450 GENE CYP1A1 (*Ile462Val*) IN DESCENDANTS OF MIXED MARRIAGES OF TUNDRA NENETS WITH RUSSIANS

*The work concerns a polymorphism of the cytochrome P450 CYP1A1 gene, the CYP1A1*2C variant (Ile462Val, rs1048943). The transmitter of the 462Val variant sharply increases possibility of mutational changes DNA and can be the factor of risk of development of row of oncologic and other multifactorial diseases. This study was performed in Purovsky and Tazovsky districts of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. The cohort consists of descendants from the mixed marriages of Tundra Nenets with Russians. Genotyping was performed using Real-Time PCR with competitive TaqMan allele-specific probes. The frequency of the 462Val allele in metises cohort was 18,7 % which is higher than frequencies found in European populations (2–6 %), but low than East Asian (25 %) and native American (35 %) populations. The frequency of the 462Val allele in metises cohort also low than frequencies found in Tundra Nenets (23,8 %). This fact allows to consider mixed marriages of Tundra Nenets with Russians, as a positive factor for adaptability of native populations of North to the changing terms of dwelling.*

Keywords: human genetics, Tundra Nenets, metises, xenobiotics, real-time PCR, CYP1A1 *Ile462Val*, rs1048943.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПАВ — анионные поверхностно-активные вещества
ГКУ ЯНАО — государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
ГУ — государственное учреждение
ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
ЗАГС — органы записи актов гражданского состояния
ИВЭП СО РАН — Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук
ИЦИГ СО РАН — Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук
ЛПХ — лесопромышленное хозяйство
МНЖК — мононенасыщенные жирные кислоты
МЭЦ — межрегиональный экспедиционный центр
НГKM — нефтегазоконденсатное месторождение
НГМ — нефтегазовое месторождение
НИИ — научно-исследовательский институт
ООО — общество с ограниченной ответственностью
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты
ПЦР — полимеразная цепная реакция
РАМН — Российская академия медицинских наук
РФ — Российская Федерация
СанПиН — санитарные правила и нормы
СО РАН — Сибирское отделение Российской академии наук
ТБО — твердые бытовые отходы
ТЦ — торговый центр
ТюмГУ — Тюменский государственный университет
УрО РАН — Уральское отделение Российской академии наук
ФГАОУ ВО — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
ФГБНУ — Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
ФГБОУ ВО — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
ФГБУН — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ФГУП — Федеральное государственное унитарное предприятие
ФЗ — Федеральный закон
ЦНС — центральная нервная система
ЯНАО — Ямало-Ненецкий автономный округ

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ:

- Агбалян Елена Васильевна** — д.б.н., главный научный сотрудник сектора экологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард, e-mail: agbelena@yandex.ru
- Баранов Александр Владимирович** — д.г.н., начальник лаборатории ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), Московская обл., пос. Развилка, e-mail: A_Baranov@vniigaz.gazprom.ru
- Безуглова Надежда Николаевна** — к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Лаборатории физики атмосферно-гидросферных процессов, ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, e-mail: bezuglovan@gmail.com
- Будников Борис Олегович** — к.г.н., ведущий научный сотрудник ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), Московская обл., пос. Развилка, e-mail: B_Budnikov@vniigaz.gazprom.ru
- Вакуленко Олег Викторович** — аспирант, ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, e-mail: severvov2@mail.ru.
- Воронина Елена Николаевна** — к.б.н., младший научный сотрудник группы фармакогеномики, ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, e-mail: voronina_l@mail.ru
- Ермолаева Надежда Ивановна** — к.б.н., старший научный сотрудник Центра водно-экспедиционных исследований Института водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал, г. Новосибирск, e-mail: hope@iwep.nsc.ru
- Залесов Сергей Вениаминович** — д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, e-mail: zalesov@usfeu.ru
- Зарубина Евгения Юрьевна** — к.б.н., старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал, г. Новосибирск, e-mail: zeur11@mail.ru
- Колесников Роман Александрович** — к.г.н., ведущий научный сотрудник, зав. сектором экономической географии ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард, e-mail: roman387@mail.ru
- Листов Евгений Леонидович** — начальник лаборатории ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), Московская обл., пос. Развилка, e-mail: E_Listov@vniigaz.gazprom.ru
- Мальгин Александр Михайлович** — отдел по научному и техническому сопровождению комплексного освоения месторождений полуострова Ямал и прилегающих акваторий, заведующий сектором экологических исследований, ОАО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Салехард, e-mail: amal60@ya.ru
- Матюшкин Валерий Викторович** — аспирант, ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, e-mail: mvvуапао@mail.ru
- Осипова Людмила Павловна** — к.б.н., заведующая лабораторией популяционной этногенетики ФГБНУ Федеральный исследовательский центр ИЦИГ СО РАН, ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, e-mail: ludos77@yandex.ru
- Попов Артем Сергеевич** — к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, e-mail: sergeich66@yandex.ru

- Пыстина Наталья Борисовна** — к.э.н., директор Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда, Московская обл., пос. Развилка, e-mail: N_Pystina@vniigaz.gazprom.ru
- Селезнева Татьяна Викторовна** — ученица школы № 2 г. Тарко-Сале, e-mail: sva89@yandex.ru
- Синицкий Антон Иванович** — к.г.-м.н., директор ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард, e-mail: geolosoph@gmail.com
- Суковатов Константин Юрьевич** — к.ф.-м.н., научный сотрудник Лаборатории физики атмосферно-гидросферных процессов, ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, e-mail: skonstantiny@gmail.com.
- Табиханова Людмила Эдмундовна** — младший научный сотрудник лаборатории популяционной этногенетики, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: tabikhan@bionet.nsc.ru
- Филипенко Максим Леонидович** — к.б.н., руководитель группы фармакогеномики, ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, e-mail: max@niboch.nsc.ru
- Хорошавин Виталий Юрьевич** — к.г.н., доцент кафедры физической географии и экологии ТюмГУ, директор Института наук о Земле, г. Тюмень
- Чуркина Татьяна Валерьевна** — младший научный сотрудник лаборатории популяционной этногенетики, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: churkina@bionet.nsc.ru
- Шинкарук Елена Владимировна** — младший научный сотрудник сектора экологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард, SPIN-код автора <http://elibrary.ru/>: 5764-1897

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
Ямало-Ненецкого автономного округа
ВЫПУСК № 2 (91)
2016 г.

Государственное казенное учреждение
Ямало-Ненецкого автономного округа
«Научный центр изучения Арктики»
629008, г. Салехард, ул. Республики, 73, оф. 624
E-mail: voronenko@arctic89.ru

Подписано в печать 18.08.2016 г.
Формат 60х90х1/8. Печать офсетная. Усл. печ. листов 11. Уч.-изд. листов 10.
Гарнитура «Myriad Pro», «FrizQuadrataCTT». Заказ А-533. Тираж 100.
Изготовлено ООО «Аксиома», тел. (3452) 41-99-30
г. Тюмень, ул. Минская, 3г, корп. 3

