

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
Ямало-Ненецкого автономного округа

Выпуск № 2 (103)

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АРКТИКИ

УДК 631.95(571.121)
ББК 63.3:65.28(Рос-6Яма)
Н 34

учредитель Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа "Научный центр изучения Арктики"
адрес учредителя 629007, г.Салехард, ул. Республики, д. 20, оф. 203,
порядковый номер №2 (103), дата 30.06.2019, тираж 150 экз., цена свободная
издатель ГКУ ЯНАО "Научный центр изучения Арктики", 629007, г.Салехард,
ул. Республики, д. 20, оф. 203
редакция 629007, г.Салехард, ул. Республики, д. 20, оф. 203
типография 394007, г. Воронеж, Ленинский проспект, 94, корпус 5, кв. 52.
12+

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Синицкий
Антон Иванович**
**Вороненко
Александр Григорьевич**
**Лобанов
Андрей Александрович**
**Агбалян
Елена Васильевна**
**Колесников
Роман Александрович**
**Моргул
Евгения Николаевна**
**Петрашова
Дина Александровна**
**Серебрякова
Руслана Вячеславовна**
**Сухова
Екатерина Александровна**

главный редактор, директор ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к.г.-м.н.;
заместитель директора ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к.п.н.;
заместитель директора ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», д.м.н.;
заведующий научно-исследовательским сектором эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», д.б.н.;
заведующий научно-исследовательским сектором эколого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к.г.н
научный сотрудник сектора геолого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к.б.н.;
ученый секретарь Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Кольского научного центра РАН, к.б.н.;
переводчик – ведущий научный сотрудник сектора регионоведения ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к.фил.н.;
корректор – младший научный сотрудник сектора социально-гуманитарных исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики».

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Абакумов
Евгений Васильевич**
**Богданов
Владимир Дмитриевич**

**Головнев
Андрей Владимирович**
Егоров Александр Анатольевич

**Кошкарева
Наталья Борисовна**
**Кириллов
Владимир Викторович**

профессор кафедры прикладной экологии биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, д.б.н.;
директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, член-корреспондент Российской академии наук, д.б.н.;
директор Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук, член-корреспондент РАН, д.ист.н., профессор;
заведующий кафедрой биогеографии и охраны природы Санкт-Петербургского государственного университета, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета ботаники и дендрологии, к.б.н.;
главный научный сотрудник Института филологии Сибирского отделения Российской академии наук, д.фил.н.;
заведующий лабораторией водной экологии Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, к.б.н.

Н 34



УДК 631.95(571.121)
ББК 63.3:65.28(Рос-6Яма)

СОДЕРЖАНИЕ

Комова Н.Н., Гребенец В.И., Маслаков А.А., Толманов В.А. УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ Р. ЩУЧЬЮ (ЮЖНЫЙ ЯМАЛ) В РАЗНООБРАЗНЫХ ЛАНДШАФТНО-МЕРЗЛОТНЫХ УСЛОВИЯХ.....	4
Агбальян Е.В., Печкин А.С., Колесников Р.А., Моргун Е.Н., Красненко А.С., Ильясов Р.М., Локтев Р.И., Шинкарук Е.В. ФОНОВЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ ПРИУРАЛЬЯ И НАДЫМ-ПУР-ТАЗОВСКОГО РЕГИОНА.....	14
Красненко А.С., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Кобелев В.О., Шинкарук Е.В., Агбальян Е.В. К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАДЫМСКИЙ».....	27
Агбальян Е.В., Шинкарук Е.В., Попова Т.Л., Максименко Ю.И. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА ПО МАТЕРИАЛАМ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД (ВОЛОСЫ) НАСЕЛЕНИЯ.....	34
Московченко Д.В., Московченко М.Д., Тигеев А.А. ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	41
Кенжебаев С.С., Содомбеков И.С., Касиев К.С., Бурканов Н.Р., Килязова Н.В. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧРЕЗМЕРНОГО ВЫПАСА И ЗАМОРОЗКОВ НА ЦЕНОТИЧЕСКУЮ МОЩНОСТЬ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ВЫСОКОТРАВНЫХ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОСТОЧНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ УРОЧИЩА КАРКЫРА.....	47
Семчуков А.Н., Захаров В.П. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОХАЛИННОГО РЕЖИМА ОБСКОЙ ГУБЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DELFT3D: ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА, ПОДГОТОВКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОБНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	52
Гаврилов А.Л., Госькова А.О. К ИЗУЧЕНИЮ ПАРАЗИТОФАУНЫ СИГОВЫХ РЫБ РЕКИ ТАЗ.....	60
ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ.....	64

УДК: 551.34

DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.001

Комова Нина Николаевна

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии, студентка бакалавриата 3 г. о.
199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет,
географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии,
+79776163043, +7(495)9393673,
nnkomova@gmail.com

Гребенец Валерий Иванович

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии,
доцент, кандидат геолого-минералогических наук
199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, Географический
факультет, Кафедра криолитологии и гляциологии,
+79175010844, +7(495)9393673,
vgreb@inbox.ru

Маслаков Алексей Алексеевич

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ геоэкологии Севера,
научный сотрудник, кандидат географических наук,
199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет,
географический факультет, +79851002081, +7(495)9392526,
alexey.maslakov@geogr.msu.ru

Толманов Василий Андреевич

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии, студент магистратуры 1 г. о.
199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, географический
факультет, кафедра криолитологии и гляциологии.
+79251882496, +7(495)9393673,
vasilytolmanov@gmail.com

N.N. Komova, V.I. Grebenets, A.A. Maslakov, V.A. Tolmanov

УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ Р. ЩУЧЬЮ (ЮЖНЫЙ ЯМАЛ) В РАЗНООБРАЗНЫХ ЛАНДШАФТНО- МЕРЗЛОТНЫХ УСЛОВИЯХ

STABILITY OF THE RAILWAY CROSSING OVER THE RIVER SHCHUCHYA (SOUTHERN YAMAL) IN VARIOUS LANDSCAPE AND PERMAFROST CONDITIONS

Аннотация. В статье представлены результаты изучения мерзлотно-ландшафтного разнообразия территории в районе мостового перехода через р. Щучью (южный Ямал). В ходе полевых исследований было выделено 5 основных природно-территориальных комплексов (ПТК): лесотундра, кустарниково-мохово-осоковая тундра, полигональная кустарниково-моховая тундра, мохово-кустарничковая тундра, типичная моховая тундра. Для каждого ПТК определена ландшафтная структура, растительный состав, мощность сезонноталого слоя и проведена термометрия верхнего горизонта почв. Рассмотрено состояние мостового перехода и геокриологические условия основания.

Abstract. The article presents the results of permafrost and landscape diversity study near the railway crossing over the river Shchuchya (southern Yamal). In the course of field studies, 5 main natural complexes were identified: forest tundra, shrub-moss-sedge tundra, polygonal shrub-moss tundra, moss-shrub tundra and typical moss tundra. For each natural complex, landscape structure, vegetation cover and active layer thickness were determined, thermometry of surficial soil layer was carried out. The status of the bridge crossing and its permafrost conditions were considered.

Ключевые слова: сезонноталый слой, многолетняя мерзлота, Ямал, железная дорога, техногенное воздействие.

Keywords: active layer, permafrost, Yamal, railway, technological impact.

Введение

Строительство автомобильных и железных дорог тесно связано с устройством мостовых переходов. Инженерные сооружения в условиях вечной мерзлоты должны отвечать требованиям безопасности и непрерывно поддерживать перевозки по дорогам, поэтому мониторинг криогенных процессов и геокриологических условий крайне важен для обеспечения нормальных условий эксплуатации мостов.

Для минимизации воздействия опасных криогенных процессов на инженерные объекты возникает необходимость управления геокриологической обстановкой. Строительство мостовых переходов в криолитозоне крайне сложно: чаще всего приходится возводить сооружения непосредственно в зоне распространения подрусовых таликов, что усложняет проектирование мостов и нормальные условия их эксплуатации. Важно защищать мостовые переходы в период ледохода – проводить мероприятия по обеспечению безналедного пропуски вод под мостами. В зависимости от сложности и индивидуальных характеристик объекта строительство может иметь свои особенности, однако важно также прогнозировать будущую динамику мерзлотных условий и интенсивность экзогенных процессов, и их влияние на строительные объекты (Мягков, 1995).

Регулирование мерзлотных условий можно осуществить несколькими путями:

1. Использование приемов по повышению стабилизации мёрзлых оснований. Достигается понижением температуры мерзлоты или промораживанием таликовых зон, т. е. повышением прочностных характеристик грунтов. Большинство сооружений в криолитозоне построено по

принципу I (Свод правил..., 2011), т. е. с сохранением многолетнемёрзлого состояния грунтов оснований при строительстве на весь период эксплуатации объекта. В качестве основных способов укрепления мерзлоты рекомендуется применять трубчатые охлаждающие установки автоматического действия (Хрусталёв, 2005), свайные фундаменты с холодными проветриваемыми подпольями (Гребенец, Рогов 2000) или прочие конструкции (Козлов, Тюрин, 2013). Помимо этого, во избежание деформаций инженерных объектов, необходимы мероприятия по обеспечению долговечности и надежности работы охлаждающих установок и проветриваемых подполий в течение всего периода эксплуатации объекта (Титков, Гребенец, 2006).

2. Сохранение и стабилизация мерзлоты – сохранение естественного температурного режима грунтов (т. е. недопущение дополнительного промораживания грунтов оснований или их оттаивания). Для сохранения начальных температур грунтов в основании опор охлаждающих установок следует максимально приближать или совмещать их с несущими элементами опор и располагать только группами с шагом, определяемым расчетами (Вялов и др. 1984).

Цель данной статьи – продемонстрировать разнообразие мерзлотно-ландшафтных условий в районе мостового железнодорожного перехода р. Щучьей и текущий результат взаимодействия данного инженерного объекта с вечномерзлыми грунтами. Представленные в работе данные могут дополнить сведения о ландшафтно-мерзлотной обстановке в регионе для проектирования и строительства объектов нефтяной и газовой инфраструктуры.



Рис. 1. Район исследований (источник: Google Earth)

Район исследований

Изучаемая территория расположена в южной части п-ова Ямал, в долинном комплексе р. Щучьей (67° 29' 19" с. ш., 67° 25' 45" в. д.) и охватывает площадь около 20 км² (рис. 1). Фундамент Западно-Сибирской плиты слагают палеозойские, протерозойские и архейские отложения, перекрытые мощным чехлом осадочных отложений среднего и позднего фанерозоя (Трофимов, 1977).

Современный облик района сформировался в плейстоцен-голоценовую эпоху. Колебания климата приводили к частым трансгрессиям и регрессиям морей в северной части территории, в результате чего к настоящему времени образовалась аккумулятивно-денудационная равнина с разветвленной речной сетью. Из-за отсутствия значительного перепада высот для изучаемой территории характерно относительное однообразие рельефа, которое, в свою очередь, обусловило выраженную зональность ландшафтов.

Климат отличается характерными для данного региона суровыми, длительными зимами и коротким прохладным летом. Близость к холодным арктическим морям вкупе с преобладанием равнинных территорий, по которым беспрепятственно продвигаются воздушные массы, обусловили малое количество солнечных дней и глубокое промерзание грунтов зимой.

На полуострове Ямал почвы представлены преимущественно глееземами, криоземами и торфяно-глееземами. Это связано с повышенной

гидроморфностью ландшафтов и преобладанием относительно выровненных форм рельефа (Абакумов и др., 2016).

Ландшафты южного Ямала в основном представлены кустарничковой тундрой, однако при проведении полевых исследований проводилось изучение также и обширных участков типичной тундры. Растительность в кустарничковой тундре представлена зарослями тундровых кустарников, в основном *Salix Lanata*. В заболоченных понижениях более обычны кустарниковые ивы (*под Salix*), *Ledum Palustre*, *Vaccinium Uliginosum* и *Vaccinium Vitis*. Нижний ярус растительности образован зелёными и сфагновыми мхами (*Sphagnum Baltica*). На юге подзоны сначала на склонах долин, а затем и на междуречьях появляется *Larix Sibirica*.

Район исследования характеризуется зоной сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Их мощность достигает 200–400 м (Геокриологическая карта СССР, 1991). Сквозные талики существуют только под наиболее крупными озёрами и под Байдарацкой и Обской губами. В пределах реки Щучьей имеются достаточно глубокие таликовые зоны (15–20 м) (Фирсов и др., 1989).

Район реки Щучьей характеризуется высокими вариациями температуры вечномерзлых грунтов: от 0°C (на контакте с таликовыми зонами) до –3,0°C.. –3,5°C в пределах типичной тундры. Широко развиты высокотемпературные сильнольдистые грунты различного состава и активно протекают

термокарстовые процессы. Наиболее распространенными криогенными формами рельефа на водораздельных пространствах являются термокарстовые образования – озёра, хасыреи и приуроченные к полигональному рельефу бугры пучения (Касымская, 2014).

Свой исток река Щучья берёт на Полярном Урале, впадая в Обскую губу. В русле реки боковая эрозия преобладает над донной, поэтому наблюдается сильное меандрирование и наличие старичных озёр по обоим берегам. Ширина реки составляет 100–150 м, местами до 200 м. На отдельных участках берега вода подмывает высокую пойму, а низкая пойма практически отсутствует. На правом берегу прослеживаются пляжи шириной до 50–70 м. Ширина высокой поймы достигает 50–70 м. Склоны террасы пологие; высота первой террасы достигает 4 м, ширина – 300–400 м. Площадка террасы характеризуется сильной заболоченностью: наблюдаются отдельные озёра, в том числе перешедшие в низовые болота.

Морозное пучение грунтов сезонноталого слоя активно протекает на заболоченных и обводненных участках всех геоморфологических уровней,

сложенных супесчано-суглинистыми отложениями. В изучаемом регионе многолетние бугры пучения и распученные торфяники существуют повсеместно.

Ширина реки Щучьей в створе перехода составляет около 70 м (рис. 2), в процессе отсыпки площадок под временные опоры с обоих берегов русло сузилось на 10–15 м, с заметным ускорением течения. Максимальная глубина реки под мостом составляет 5–6 м, профиль русла корытообразный, дно почти ровное. Непосредственно в районе перехода дневная поверхность представляет собой площадку, сложенную по обоим берегам насыпными грунтами разной мощности. Согласно топографическим планам, составленным в 1986 г., изначально район перехода представлял собой выровненную поверхность с абсолютными высотами 38,5–39,0 м на правом берегу и 39,0–41,0 на левом.

Свободная от отсыпки природная поверхность на правом берегу представляет собой высокую пойму р. Щучьей, высота ее от уреза воды составляет около 4 м. Поверхность пологоволнистая, слабо выпуклая, поросшая разреженным лиственничным лесом с мохово-разнотравно-кустарничковым покровом.



Рис. 2. Река Щучья, вид с моста (фото Коровиной Д.И.)

На левом берегу река врезается в отложения верхнеплейстоценовой сартанской озерно-аллювиальной террасы, поверхность которой возвышается над урезом воды на 5–6 м. Левый берег опускается к воде невысоким (около 3 м) крутым (~45°) уступом, поросшим вдоль бровки густым ивняком.

Площадки мостового перехода по обоим берегам сложены с поверхности насыпными грунтами (t/V), преимущественно сезоннотальными, мощностью от 1,7 до 5,5 м, представленными глыбами и щебнем скальных пород различных размеров, местами с песчано-супесчано-суглинистым заполнителем 15–25%. При

отсутствии заполнителя в грунте отмечены пустоты до 10–15% (Титков, Гребенец, Сахаров, 2008).

Голоценовые аллювиальные отложения высокой поймы (a/IV) вскрыты на правом берегу р. Щучьей под насыпными грунтами и представлены пылеватými песками мощностью от 2 до 6 м с прослоями и линзами супеси, переходящими вниз по разрезу в переслаивание песков пылеватых и супеси мощностью 2,3–4,5 м с линзами песка мелкого мощностью до 1,7 м. В основании разреза залегает слой песка средней крупности мощностью 0,8–2,3 м. Мощность толщи аллювиальных отложений составляет от 5,3 до 9,4 м, она повсеместно содержит слаборазложившиеся древесные остатки. Аллювиальные отложения подстилаются озерными суглинками пылеватými, легкими и тяжелыми.

Верхнеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения II террасы сартанского времени ($IaIII^{3-4}$) слагают природную поверхность левого берега. Представлены песками пылеватými мощностью от 4,5 до 7,5 м, подстилаемыми песками мелкими и средней крупности мощностью от 0,4 до 3,0 м, а также озерными суглинками. Слой содержит прослои и линзы слаборазложившихся древесных остатков.



Рис. 3. Почвенный шурф, обустроенный в кустарниково-мохово-осоковой тундре (фото Коровиной Д.И.)

Верхнеплейстоценовые озерные отложения каргинского времени ($I III^{2-3}$) представлены в верхней части разреза суглинками пылеватými, легкими и тяжелыми, серого цвета, слоистой текстуры, с

включениями слаборазложившихся древесных остатков. Мощность толщи – до 30,5 м, она подстилается глинами легкими пылеватými, вскрытыми в 50-метровых скважинах с глубины 30,0–39,5 м.

Криогенное строение отложений отличается неоднородностью. Для верхних горизонтов, сложенных супесчано-песчаными грунтами, характерно преобладание массивных криогенных текстур, которые в супесчаных прослоях сменяются на тонкошлировые частослоистые слоисто-сетчатые текстуры с субвертикальными шлирами и линзами льда. Такой характер криотекстур дает основание сделать вывод о сингенетическом промерзании верхних горизонтов аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений.

Озерные суглинки характеризуются чередованием в верхних горизонтах слоистых и сетчатых текстур, ниже по разрезу преобладают редкослоистые тонкошлировые текстуры с интервалами между ледяными шлирами до 1–2 м. По показателю льдистости за счет ледяных включений (i_l) грунты относятся к слабольдистым, вместе с тем за счет высокого содержания льда-цемента в минеральных прослоях суммарная льдистость (i_{tot}) достигает 0,52. Для озерных глин, слагающих основание разреза, характерны преимущественно массивные криотекстуры с редкими шлирами льда, расположенными через 1,5–3 м. При этом величина i_{tot} в глинах, как и в суглинках, остается высокой, достигая 0,42.

Методика исследований

Для выявления природных закономерностей было организовано ландшафтно-мерзлотное обследование территории. Проводились исследования ландшафтного разнообразия, изучались биогеографические сообщества в качестве индикаторов мерзлотных условий.

Основные маршрутные исследования в долинном комплексе р. Щучьей были проведены на участках тундры, где развита многолетняя мерзлота. Для изучения ландшафтно-мерзлотных условий в пределах тундрового пространства были выбраны участки, расположенные на надпойменной террасе с различными типами местности. В них была организована поверхностная термометрия для определения теплоизолирующей роли растительного покрова. Также производилось изучение динамики и глубины сезонноталого слоя по заложенным профилям в различных типах ландшафтов. Также обустроивались почвенно-грунтовые разрезы (рис. 3), по которым определялись характеристики почвенно-грунтовых горизонтов – гранулометрический состав, плотность, цвет, структурно-текстурные особенности, влажность, наличие включений и новообразований, типы контактов с другими горизонтами. В шурфах изучалось криолитологическое строение и свойства сезонноталого слоя и многолетнемёрзлых грунтов. Исследуемые разрезы также позволяли измерять глубины сезонно-талого слоя в различных ландшафтных и литогенетических условиях.

В каждом типе местности проводились ландшафтно-мерзлотные исследования: измерение глубины СТС через каждые 5 метров по «кресту» (профили с севера на юг и с запада на восток) 50х50 м (всего 21 точка), поверхностная термометрия в различных типах ландшафта для каждой точки и шурфование.

Одной из ключевых задач являлось изучение физико-механических и теплофизических особенностей оттаивающих пород. Для этого измерялась температура грунтов с помощью электронных термометров по глубине слоя сезонного оттаивания и в верхней части мерзлоты, далее – графическая обработка термометрии и оценка факторов, влияющих на терморегим многолетнемерзлых пород. Помимо этого, с помощью термометров в точках наблюдения измерялись температура наружного воздуха и на поверхности грунтов под мохово-торфяным покровом.

Практическая значимость изучения динамики сезонноталого слоя заключается в возможности определить характер сложения поверхности территории, условия дренированности и связанный с ней водный

режим, выявить особенности формирования почвенного покрова и характеристики почвы, спрогнозировать возможное развитие криогенных и склоновых процессов. Всё вышеперечисленное позволяет судить об условиях существования многолетнемерзлых пород в различных ландшафтах, делать предположения о вариабельности мощности сезонноталого слоя и разрабатывать прогнозы по глубине протаивания пород.

Результаты и обсуждение

Разнообразие ландшафтно-мерзлотных условий.

Основные маршрутные исследования правого берега были проведены на площадке 1 надпойменной террасы (НПТ) южнее реки Щучьей, на участке тундровой поверхности, где развита многолетняя мерзлота (см. рисунок 1). Данная территория представляет собой пологую поверхность и относится к лесотундровой природной зоне, переходящей к южной и типичной тундре. В ходе работ были выделены 5 природно-территориальных комплексов (ПТК) (рис. 4):



Рис. 4. Типичные ПТК (фото Коровиной Д.И.)

1. Лесотундра.
2. Кустарниково-мохово-осоковая тундра (осложненная ложбинами стока и распученными торфяниками).
3. Полигональная кустарниково-моховая тундра.
4. Мохово-кустарничковая тундра.
5. Типичная моховая тундра.

Первая точка наблюдений располагалась в лесотундре, на пологонаклонной к юго-западу бугорковатой поверхности (1 ПТК). Растительность представлена лиственницей сибирской (*Larix Sibirica*) высотой до 7–10 м, карликовой березой (*Betula Nana*), ивой красивой (*Salix Pulshra*), голубикой (*Vaccinium Uliginosium*), осоками (*Carex*), пушицей влагалищной (*Ereophorum Vaginatam*), сфагнумами (*Sphagnum*). Наличие *Ereophorum Vaginatam* говорит об антропогенном воздействии на территорию.

Можно отметить, что протаивание в данном типе местности увеличивается в сторону юго-запада, что можно объяснить уклоном поверхности в эту

сторону и, как следствие, более сильным увлажнением территории.

На точке был обустроен шурф, которым с поверхности были вскрыты типичные для лесотундры отложения – пылеватые суглинки. На глубине 97 см грунт оказался мёрзлым, в нижнем горизонте прослеживается посткриогенная текстура (следы вытаивания шпиров), а горизонт 18–73 см представлен пылеватым песком, что свидетельствует об интенсивном процессе многократного промерзания-оттаивания (Konishchev, Rogov, 2017).

Второй ПТК представлен кустарниково-мохово-осоковой тундрой. Глубина талого слоя увеличивается почти в два раза в обводненной ложбине стока, заросшей осоками и мощным сфагнумом, по сравнению с распученным торфяником и бугорковатой поверхностью, что связано с теплоизолирующей ролью различных растительных покровов для ложбин стока и распученных торфяников.

Третий ПТК – полигонально-кустарничково-моховая тундра – покрыта карликовой березой (*Betula Nana*), голубикой (*Vaccinium Uliginosium*), пушицей влагилицной (*Eriophorum Vaginatum*), багульником (*Ledum Polustre*), осоками (*Carex*), сфагнумом (*Sphagnum*).

В центре полигонов произрастают в основном карликовая береза и сфагнум, а понижения между ними заняты осоками. Глубина протаивания в среднем составляет около 40–45 см, достигает максимальных значений 70 см в пределах полигонов и минимальной глубины в 32 см в канавках между ними. По результатам поверхностной термометрии, проведенной под покровом из карликовой березы на полигонах и в осоковой растительности в трещинах, было выявлено, что в понижениях между полигонами осоковая растительность поглощает больше тепла, чем на полигонах. В пространстве между полигонами в шурфе была вскрыта морозобойная трещина под среднеразложившимся торфом.

Четвертый ПТК (мохово-кустарничковая тундра) представлен пологой поверхностью с мелкими бугорками, полностью заросшей ёрником (*Betula nana Exilis*), ивой красивой (*Salix Lanata*), морошкой (*Rubus Chamaemorus*) и осоками (*Carex*).

Значения мощности сезонного слоя примерно одинаковы для всей площадки, что свидетельствует об одинаковых условиях протекания процесса протаивания. Немного большее значение глубины оттаивания зафиксировано на бугорках, а наименьшее – на выровненных поверхностях. Температурные измерения в данной точке показали, что на глубине

10 см температура примерно равна +3°C для разных растительных покровов, что также подтверждает однородность условий на площадке.

Пятый ПТК представлен типичной моховой тундрой на пологой мелкобугристой поверхности. Растительность представлена сфагнумом (*Sphagnum*), пушицей влагилицной (*Eriophorum Vaginatum*), багульником (*Ledum Polustre*) и морошкой (*Rubus Chamaemorus*).

Проанализировав данные, полученные в ходе работ, можно сказать, что на всей территории исследования в разных ПТК получена примерно одинаковая глубина оттаивания – около 40–50 см к середине июля 2018 г. Минимальные значения оттаивания были зафиксированы в мохово-кустарничковой тундре. Это объясняется несколькими причинами: во-первых, зимой пологая тундровая поверхность сильно выхолаживается, и летом нужно затратить большое количество тепла на нагревание и фазовый переход воды, во-вторых, при таянии увеличивается влажность пород, для нагрева которых нужно еще большее количество тепла, в-третьих, большую роль играет мохово-торфяной покров, который является одним из лучших теплоизоляторов (табл. 1). Максимальные значения оттаивания приурочены к обводненным ложбинам стока, в которые идет снос снега зимой, что, в свою очередь, уменьшает выхолаживание грунта.

Летом в них аккумулируется влага с прилегающих территорий, которая в совокупности с влажным осоковым покровом является хорошим проводником тепла, что и приводит к большему оттаиванию.

Таблица 1. Теплоизолирующие свойства поверхностных покровов для различных ландшафтных остановок. Таблица характеризует разницу температуры пород на глубине 10 см (T_{10}) и на поверхности (T_0)

ПТК	T_0 , °C	T_{10} , °C	Средняя глубина протаивания, см (середина июля 2018 г.)
Березово-лиственничная редина	17,8	6,5	65
Полигонально-кустарничково-моховая тундра	14,5	5,2	51
Кустарничково-мохово-осоковая тундра	19,0	6,9	57
Мохово-кустарничковая тундра	16,9	2,9	30
Типичная моховая тундра	17,7	5,7	35

Воздействие инженерных сооружений на многолетне-мёрзлые грунты

На 110-м километре железнодорожной линии Обская-Бованенково организован мостовой переход через реку Щучью (рис. 5), строительство которого завершилось в 1988 году. Сооружение состоит из пролетного строения и трубобетонных опор, удерживающих всю конструкцию.

Как известно, в условиях криолитозоны все инженерные сооружения могут подвергаться действию негативных криогенных процессов. В данном регионе отмечено наибольшее распространение морозного пучения и термокарста, на отдельных участках наблюдается морозобойное растрескивание, солифлюкция и термоэрозия.

Изучение температурного режима грунтов оснований мостовых переходов (основной и обходной варианты)

проводилось в скважинах, пробуренных институтом «Ленгипротранс» в процессе изысканий 1986–1988 гг. и ОАО «ПНИИИС» в 2007 г.

Исследованы закономерности геотемпературного поля для правого и левого берегов реки. На правом берегу среднегодовая температура грунтов (t_0) на глубине 18–20 м только в скв. 6 (86), удаленной от уреза реки на 250 м, равнялась –1,45°C. В других скважинах, расположенных ближе к урезу реки, величина t_0 укладывалась в диапазон от минус 0,85 (скв. 199–86) до м –0,1;–0,2°C (скв. 198–86, 4–88). Левый берег реки сложен более охлажденными грунтами. Температура пород близ уреза реки левого берега составляла –1,8°C (скв. 1–87). В двух более удаленных от реки скважинах (скв. 1202–86 и 1203–86) температура равнялась соответственно –3,5 и –3,45°C.



Рис. 5. Охлаждающие установки под мостом через р. Щучью (фото Комовой Н.Н.)

Результаты термокаротажа скважин подтвердили установленную институтом «Ленгипротранс» закономерность: грунты основания правобережных опор моста сложены высокотемпературными, пластичномерзлыми суглинистыми породами, левобережных опор моста – твердомерзлыми суглинистыми породами (рис. 6, 7).

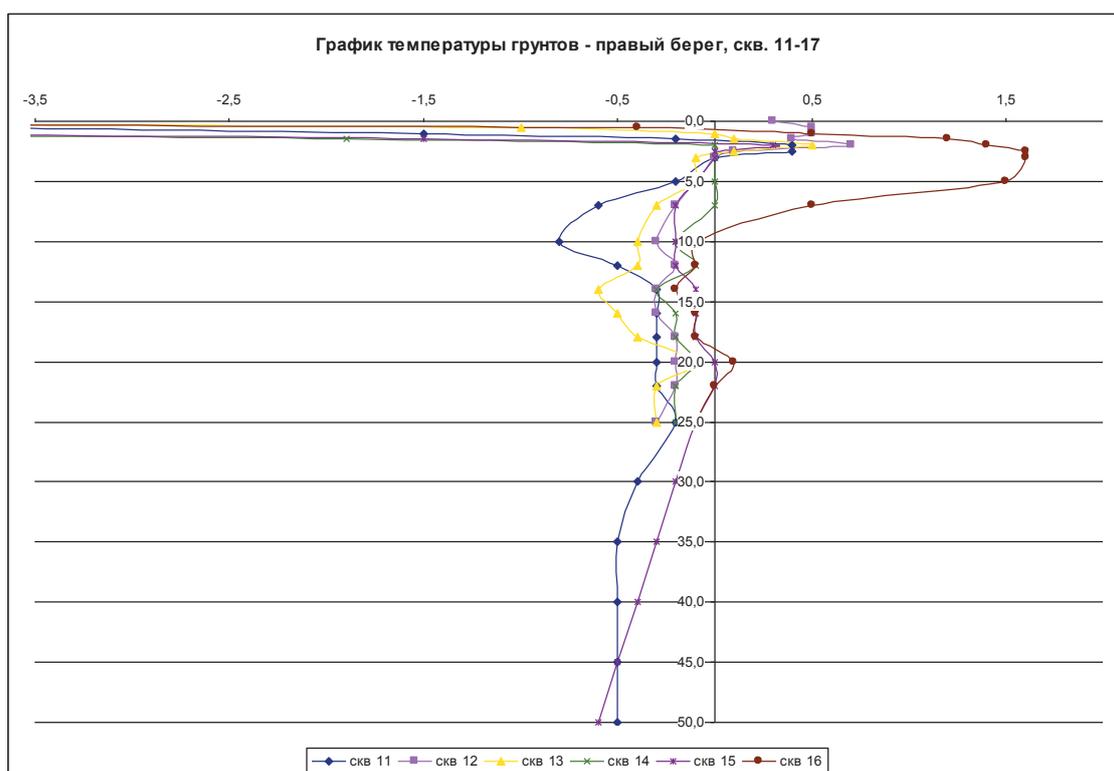


Рис. 6. Температуры грунтов в скважинах ПНИИИС на правом берегу р. Щучьей

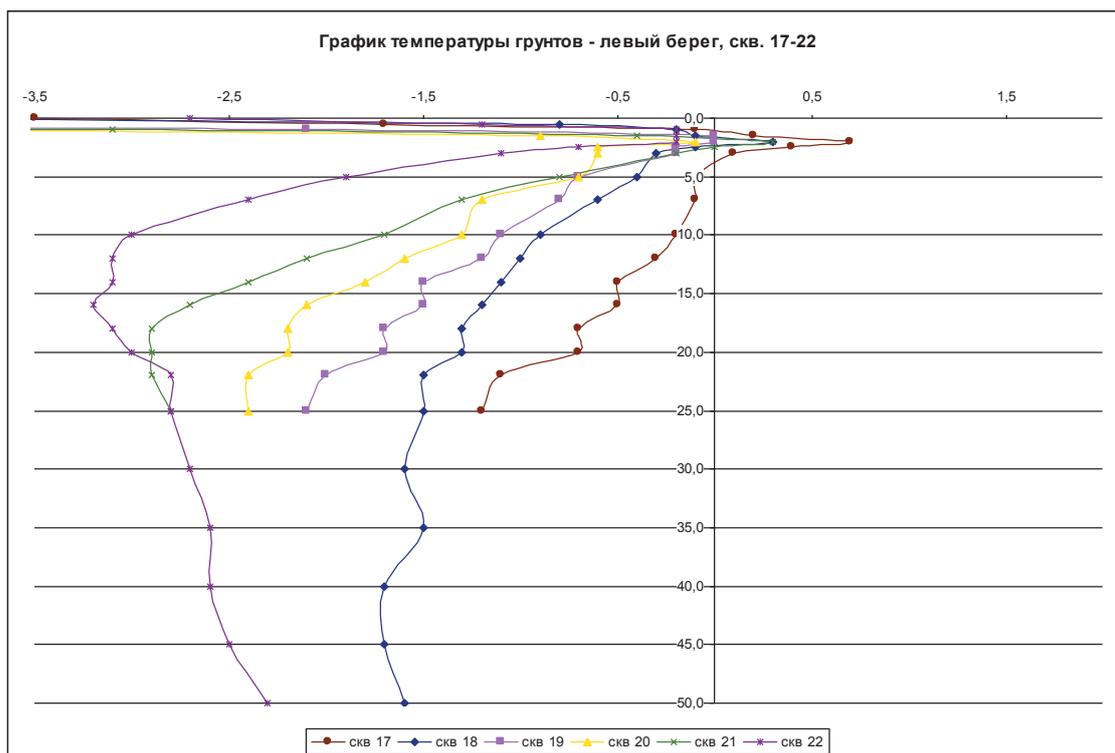


Рис. 7. Температуры грунтов в скважинах ПНИИИС на левом берегу р. Щучьей

Величина средней годовой температуры пород на правом берегу (на глубине 18-20м) находится в диапазоне от $\pm 0^\circ$ до $-0,3^\circ\text{C}$.

Самая высокая температура зафиксирована в скв. 15 и 16, расположенных соответственно в 18 и 10 м от уреза воды в реке. В этих скважинах, также, как и в скважине 4(86) института «Ленгипротранс», зафиксирован межмерзлотный прирусловой талик. Температура минус $0,3^\circ\text{C}$ отмечена в скв. 11, удаленной от уреза воды на 75 м.

Температуры пород на левом берегу находятся в диапазоне от минус $1,4^\circ$ до минус $3,0^\circ$ (см. Рис 7.).

Наблюдается закономерное повышение температуры грунтов по мере удаления от русла реки. Самая высокая температура (минус $1,1^\circ\text{C}$) отмечена в скв. 18, расположенной в 16 м от уреза реки, температура минус $3,0^\circ$ зафиксирована в скв. 22, пробуренной в 78 м от уреза. Сопоставление результатов температурных замеров, полученных 20 лет назад институтом «Ленгипротранс» и в 2007 г. ОАО «ПНИИИС» показывает, что за истекший период времени заметных изменений в геотермических условиях правого берега не произошло. Эта закономерность видна из сравнения геотемпературных кривых, построенных по замерам в близкорасположенных скважинах института «Ленгипротранс» (4-88) и ПНИИИС.

Из графика видно, что температура грунтов на глубине 18-20 м изменилась в пределах, близких к точности измерений, то есть $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Иная картина вырисовывается из сопоставления разновременных геотемпературных кривых, полученных в скважинах, пройденных на левом

берегу. Термозамеры в скважинах ПНИИИС отмечают повсеместное повышение t_0 грунтов левого берега, произошедшее за истекшие 20 лет. Так, в прибрежной части левого берега температура грунтов в скв. 371(86) («Ленгипротранс») была $-2,7^\circ\text{C}$, а в близ расположенной скважине ПНИИИС № 19 $-1,9^\circ\text{C}$.

По данным замеров t_0 в скважинах, более удаленных от берега, также отмечается «потепление» горных пород.

Дать однозначное объяснение установленным особенностям в распределении и динамике геотемпературного поля в породах правого и левого берегов р. Щучьей не представляется возможным без проведения специальных исследований. Причины наблюдаемого явления следует искать в совокупном влиянии естественных и техногенных факторов на формирование термического режима грунтов оснований мостового перехода. К числу первых принадлежит история геологического развития долины р. Щучьей в голоцене и изменения климатических условий в конце XX – начале XXI вв.

Устройство поверхности и геологическое строение верхних горизонтов грунтов (верхний плейстоцен-голоцен) дает основание предполагать, что левый берег р. Щучьей в месте перехода в голоцене не подвергался затоплению во время паводков. С этим обстоятельством, возможно, и связано более значительное охлаждение пород левого берега, нежели правого. Повышение t_0 пород левого берега можно связывать с наблюдающимися в последнее десятилетие потеплением климата. Так, по данным метеостанции Салехард (продолжительность наблюдений более 100

лет) тренд изменения температуры воздуха в 1965–2015г. составляет 0,05°C в год, а повышение средней годовой температуры воздуха в 2005 г. относительно нормы (среднее за 1951–1988 гг.) составила 1,2°C (Павлов, Малкова, 2005). В тоже время, как говорилось выше, температура правого берега за истекшие 20 лет не повысилась. Объяснение данному явлению, возможно, следует искать в «консервирующем» влиянии подсыпки на площадке правобережной части перехода.

Устройство системы парожидкостных термоустановок (см. рис. 5) позволило заметно снизить температуру грунтов и обеспечить надежность устоев моста.

Заключение

В результате проведенных исследований было обнаружено:

1. В районе мостового перехода железной дороги Обская–Бованенково через р. Щучью преобладает 5 основных природно-территориальных комплексов:

лесотундра (березово-лиственничные редины и криволеся с мощным кустарниковым ярусом), кустарниково-мохово-осоковая тундра, полигональная кустарниково-моховая тундра, мохово-кустарничковая тундра, типичная моховая тундра.

2. Максимальные значения мощности слоя сезонного оттаивания наблюдаются в кустарниково-мохово-осоковой тундре и достигают 115 см. Минимальные обнаружены в мохово-кустарничковой тундре и составляют 23 см. В целом вариации мощности СТС в пределах изучаемого участка незначительны, что предопределено равнинностью и литологическим однообразием территории южного Ямала.

3. Наблюдаемое состояние железнодорожного перехода позволяет сделать вывод о правильном выборе проектного решения и об эффективности работы сезонно-охлаждающих устройств и мер по управлению мерзлотной обстановкой при текущих ландшафтно-мерзлотных условиях даже при существующих трендах к повышению температуры приземного воздуха.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-05-60080 «Опасные нивально-гляциальные и криогенные процессы и их влияние на инфраструктуру в Арктике». Авторы выражают признательность Российскому центру Освоения Арктики (г. Салехард) за эффективную помощь в проведении полевых наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов Е.В., Алексеев И.И., Шамилишвили Г.А. Морфометрическая характеристика и функциональное разнообразие почв окрестностей реки Еркута (Южный Ямал) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016, т. 25, № 4, С. 162–166.
2. Вялов С.С., Александров Ю.А., Городецкий С.Э. Термосваи в строительстве на Севере // Л.: Стройиздат, 1984. – 149 с.
3. Гребенец В.И., Рогов В.В. Инженерное мерзлотоведение: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2000. – 96 с.
4. Козлов С.И., Тюрин М.А. Применение легких проветриваемых фундаментов под ГПА на компрессорных станциях в сложных геологических условиях Ямальской группы месторождений // Территория Нефтегаз. – 2013. – № 10. – С. 88–96.
5. Методические рекомендации по применению разных способов охлаждения грунтов оснований опор мостов, возводимых на вечномерзлых грунтах. – М.: ЦНИИС Минтрансстроя СССР, 1984. – 11с.
6. Мягков С.М. География природного риска. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1995. – 213 с.
7. Павлов А.В., Малкова Г.В. Современные изменения климата на севере России: Альбом мелкомасштабных карт. – Новосибирск: Гео, 2005.
8. Свод правил СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83). – М.: Минрегионразвития РФ, 2011. — 155 с.
9. Титков С.Н., Гребенец В.И. Деформации зданий и сооружений при изменении теплового режима вечномерзлых грунтов // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – №. 11. – С. 18-21.
10. Титков С.Н., Гребенец В.И., Сахаров А.А. Особенности геокриологических условий района железнодорожного мостового перехода через р. Щучья на юге Ямала. – Мат-лы междунар. конф. «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения». Тюмень, 2008. – С. 283–286.
11. Трофимов В.Т. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты. – М.: Наука, 1987. – 214 с.
12. Фирсов Н.Г., Баду Ю.Б., Трофимов В.Т. Южно-Ямальская область // в кн. Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова, М.: Недра, 1989. – С. 230–236.
13. Хрусталева Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 542 с.
14. Konishchev V.N., Rogov V.V. CRYOGENIC PROCESSES IN LOESS. GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY. 2017; 10(2), p. 4–14. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2017-10-2-4-14>.

УДК 504.05, 631.48

DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.002

Агбалян Елена Васильевна

д.б.н., заведующий сектором эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79224635909, agbelena@yandex.ru

Печкин Александр Сергеевич

младший научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79821600815, a.pechkin.ncia@gmail.com

Колесников Роман Александрович

к.г.н., заведующий сектором геолого-географических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79924004770, roman387@mail.ru

Моргун Евгения Николаевна

научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79824004867, morgun148@gmail.com

Красненко Александр Сергеевич

старший научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79220406099, aleks-krasnenko@yandex.ru

Ильясов Руслан Михайлович

младший научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79058248568, frandly@mail.ru

Локтев Ростислав Игоревич

младший научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79824007453, rost.lok@mail.ru

Шинкарук Елена Владимировна

научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79222830222, elena1608197@yandex.ru

**E.V. Agbalyan, A.S. Pechkin, R.A. Kolesnikov, E.N. Morgun,
A.S. Krasnenko, R.M. Ilyasov, R.I. Loktev, E.V. Shinkaruk**

ФОНОВЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ ПРИУРАЛЬЯ И НАДЫМ-ПУР-ТАЗОВСКОГО РЕГИОНА

BACKGROUND PHYSICO-CHEMICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOILS OF THE URAL AND NADYUM-PUR-TAZ REGION

Аннотация. Проведены аналитические исследования фоновых почв на территории Ямало-Ненецкого автономного округа с использованием общепринятых в почвоведении методов. Показана низкая обеспеченность опробованных почв органическим веществом и основными обменными катионами. Определены валовые содержания основных тяжелых металлов и металлоидов. Получены показатели концентраций тяжелых металлов, содержания ила и гумуса, содержания сорбентов (гидроксидов железа и марганца) как основных фаз-носителей для целей разработки нормативов качества почв.

Abstract. Analytical studies of background soils in the territory of the Yamal-Nenets Autonomous District were carried out using methods generally accepted in soil science. Low content of organic substances and major exchangeable cations in tested soils is shown. Gross contents of basic heavy metals and metalloids were determined. The indicators of concentrations of heavy metals, the content of silt and humus, the content of sorbents (hydroxides of iron and manganese) as the main carrier phases for the development of standards for soil quality were obtained.

Ключевые слова: ЯНАО, почвы, фоновые показатели, железо, марганец, кобальт, мышьяк, свинец, медь, цинк, кадмий, никель, селен, ванадий.

Keywords: Yamal-Nenets Autonomous District, soils, background indicators, iron, manganese, cobalt, arsenic, lead, copper, zinc, cadmium, nickel, selenium, vanadium.

Введение

Цель фонового мониторинга – в получении данных, характеризующих эталон окружающей среды и в выявлении тенденций их изменения на фоновом уровне.

Объективным и надёжным индикатором загрязнения объектов окружающей среды и общей антропогенной нагрузки является содержание ТМ в почве, воде, донных отложениях, растительности [Томашунас и др., 2014; Алексеев и др., 2016; Агбальян и др., 2018]. Ввиду глобального рассеивания химических элементов не осталось ландшафтов с изначальным естественным геохимическим фоном. Фоновые показатели являются условно фоновыми в связи с глобальным рассеиванием химических элементов.

Изучены уровни загрязнения почв и почвенного покрова в фоновых экосистемах, а также в районах разработки нефтегазовых месторождений, что выводит знания и сведения о состоянии экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа на мировой уровень. Полученные результаты по степени оригинальности и уровню обработки и интерпретации сопоставимы с мировыми аналогами [Tomashunos, Abakumov, 2014; Moskovchenko et al., 2017; Gulinska J. et al., 2003].

Изучение техногенной миграции элементов представляется важным направлением исследований. Экологическая опасность химического загрязнения состоит в том, что загрязняющие вещества в окружающей среде неизбежно оказываются в составе живых организмов, в том числе в организме человека. С загрязняющими веществами связаны различные негативные воздействия на живые организмы. Последствия этого труднопредсказуемы.

Материалы и методы

Исследование проводилось в 2018 году на научных полигонах комплексного экологического мониторинга территории исконного проживания коренного малочисленного населения Ямало-Ненецкого автономного

округа. Изучено более 20 образцов почв. Опробование почв проводилось в соответствии с общепринятыми ГОСТами [ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 28168-89]. Исследования проводились на 7 участках (2 участка на полигоне Харп, 1 участок – полигон Пуровский -1, 3 участка – Пуровский -2, 1 участок – полигон Тазовский).

Химические анализы выполнены классическими методами [7] в лаборатории ООО «ЭКОСТАНДАРТ “Технические решения”», аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Росстандарта России (аттестат аккредитации № RA RU-22ЭЛ54 от 19 декабря 2016 года). Общее содержание углерода и азота определено на анализаторе EA-1100 (Carlo Erba). Обменные катионы извлекались ацетатно-аммонийной вытяжкой (pH 7) с последующим определением на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICP Spectro ciros. pH водной и солевой суспензий – потенциометрически со стеклянным электродом, гранулометрический состав – по методу Качинского. Валовое содержание макроэлементов определялось на спектрометре эмиссионном с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 3300. Содержание подвижных и валовых форм микроэлементов изучалось на спектрометре атомно-абсорбционном КВАНТ-2.

Статистическую обработку данных проводили в среде аналитического программного интерфейса Statistica 10.

Результаты и обсуждение

Характеристика реакции почв проведена на основе значений pH водной вытяжки (табл. 1). Почвы полигона Пуровский-2 имеют кислую реакцию среды (pH=4,83 ед.; Пур2 1802 и pH=4,86; Пур2 1801). Все остальные опробованные почвы относятся к слабокислым почвам (pH = 5 – 6 ед.). Актуальная кислотность создается при недостатке в почвах нейтрализующих веществ.

По показателю кислотности в солевой вытяжке все почвы являются сильнокислыми при варьировании pH от 3,5 до 4,59 ед.

Таблица 1. Содержание органического вещества в почвах и корреляция между другими показателями

Содержание органического вещества в почвах						
Глубина	pH _{вод}	pH _{сол}	Гидролитическая кислотность, ед. рН	Общий фосфор, %, P ₂ O ₅	Органическое вещество (гумус), %	Азот общий, %
Полигон Харп (долина реки Сось Полярного Урала)						
Разрез 1						
0–5	5,19	3,96	7,22	0,090	0,85	0,19
5–13	5,39	3,67	5,56	0,075	0,84	0,27
13–25	5,41	3,89	5,84	0,10	0,66	0,29
30–40	5,29	4,59	5,91	0,075	0,38	0,19
40–59	5,54	4,33	3,96	0,075	0,44	0,24
50–60	5,41	4,27	4,05	0,080	0,69	0,15
M	5,3	4,1	5,4	0,08	0,64	0,22
SD	0,1	0,3	1,1	0,008	0,17	0,05
Разрез 2						
10–20	5,54	4,09	5,12	0,080	0,72	0,15
20–30	5,27	4,44	6,22	0,10	0,74	0,19
40–50	5,22	3,66	5,88	0,090	0,84	0,30
50–60	5,62	4,38	6,03	0,080	0,61	0,35
M	5,4	4,1	5,8	0,088	0,73	0,25
SD	0,2	0,3	0,4	0,007	0,07	0,07
Полигон Пуровский-2 (Пур 2 1801) Иллювиально-железистый подзол на глеевых суглинках						
Разрез 3						
0–10	4,86	3,51	3,05	0,080	0,85	0,26
10–15	5,16	3,73	3,48	0,12	0,84	0,15
15–25	5,41	4,43	3,33	0,11	0,30	0,21
25–36	5,28	4,17	14,2	0,090	0,29	0,12
36–45	5,41	4,11	11,0	0,090	0,32	0,12
45–85	5,14	3,93	7,92	0,1	0,36	0,15
M	5,2	3,9	7,2	0,098	0,49	0,17
SD	0,2	0,3	3,96	0,012	0,23	0,05
Полигон Тазовский (Таз 1802; пойма реки Нуны-яха)						
0–20	5,26	4,22	13,6	0,075	0,38	0,17
Полигон Пуровский-1 (Пур1 1801)						
0–20	5,06	3,80	7,11	0,11	1,38	0,24
Полигон Пуровский-2 (Пур 2 1803)						
0–20	5,09	4,28	7,76	0,075	1,65	0,27
Полигон Пуровский-2 (Пур 2 1802)						
0–20	4,83	3,50	4,23	0,075	3,96	0,3
M	5,3	4,1	6,6	0,089	0,86	0,22
SD	0,2	0,3	2,9	0,013	0,77	0,06
M min – M max	4,83–5,62	3,5–4,59	3,05–14,2	0,075–0,12	0,29–3,96	0,15–0,35
Корреляция между содержанием органического вещества в почве и другими показателями						
Показатель	Полигон Пуровский-2	Полигон Харп	Показатель	Полигон Пуровский-2	Полигон Харп	
pH _{вод}	-0,8	-0,4	Cu	-0,8	0,4	
P	0,1	0,4	Zn	-0,6	0,3	
н/п	0,2	0,1	Cd	-0,7	-	
N _{общ}	0,5	0,1	Ni	-0,8	0,6	
Fe	-0,8	0,01	Se	-0,7	-0,5	
Mn	-0,6	-0,3	Ca	-0,9	0,5	
Co	-0,6	0,4	Mg	-0,9	0,3	
As	-0,4	0,2	K	-0,7	-0,3	
Pb	-0,7	0,4	V	-0,7	-0,3	

Примечание. M – среднее значение; SD – стандартное отклонение

Органическое вещество, биофильные элементы в почвенном покрове определяют уровень устойчивости и самовосстановление экосистем в биосфере. Исследования органического вещества и биофильных элементов важно для решения задач экомониторинга, так как они непосредственно участвуют в биогеоценологических процессах и жизненно необходимы растительным организмам [Уфимцева и др., 2005; Попова и др., 2012]. Их содержание наряду с поллютантами позволяет выявить уровень антропогенно-техногенного воздействия на экосистемы.

Органическое вещество почвы состоит из консервативных, устойчивых и лабильных соединений [Орлов, 1985]. Зрелые гумусовые кислоты, гуматы кальция, гумин, лигнин и другие органоминеральные производные обуславливают типовые признаки почвы. С данными веществами связана окраска почв, тепловой режим, водно-физические характеристики, емкость поглощения, кислотные свойства, буферность, потенциальные запасы элементов питания [Середина и др.]. Лабильные органические вещества легко минерализуются и формируют водопрочные структуры, служат непосредственным источником питания [Орлов, 1985]. В работах И.И. Алексеева и Е.В. Абакумова (2016) показано, что в верхних горизонтах почв полуострова Ямал и восточного макросклона

Полярного Урала степень гумификации и стабилизации органического вещества является низкой. Почвы характеризуются фульватным типом гумуса. Минерализация гумуса в условиях глобальных изменений климата, вероятно, приведет к эмиссионным процессам в арктическом биоме.

Гумусовые вещества почвы связывают и переводят в неактивное состояние многие элементы, тяжелые металлы, поступающие в почву в результате техногенных загрязнений [Костина, 2001].

Изучение органического вещества исключительно важно для оценки устойчивости почвы к техногенному воздействию. Прогноз использования почв, рациональное природопользование, охрана почв возможны при наличии данных о функционировании, структуре почв и их современном состоянии [Дергачева и др., 1988].

Содержание органического вещества в исследованных почвах низкое и очень низкое и находится в диапазоне от 0,29% до 3,96% (табл. 1). Максимальное содержание органического вещества зафиксировано в пробе Пур2 1802 полигона Пуровский-2.

Профильное распределение органического вещества для разреза 1 полигона Харп характеризуется как бимодальное, для разреза 2 – равномерное, для разреза 3 полигона Пуровский-2 – резко убывающее (рис. 1).

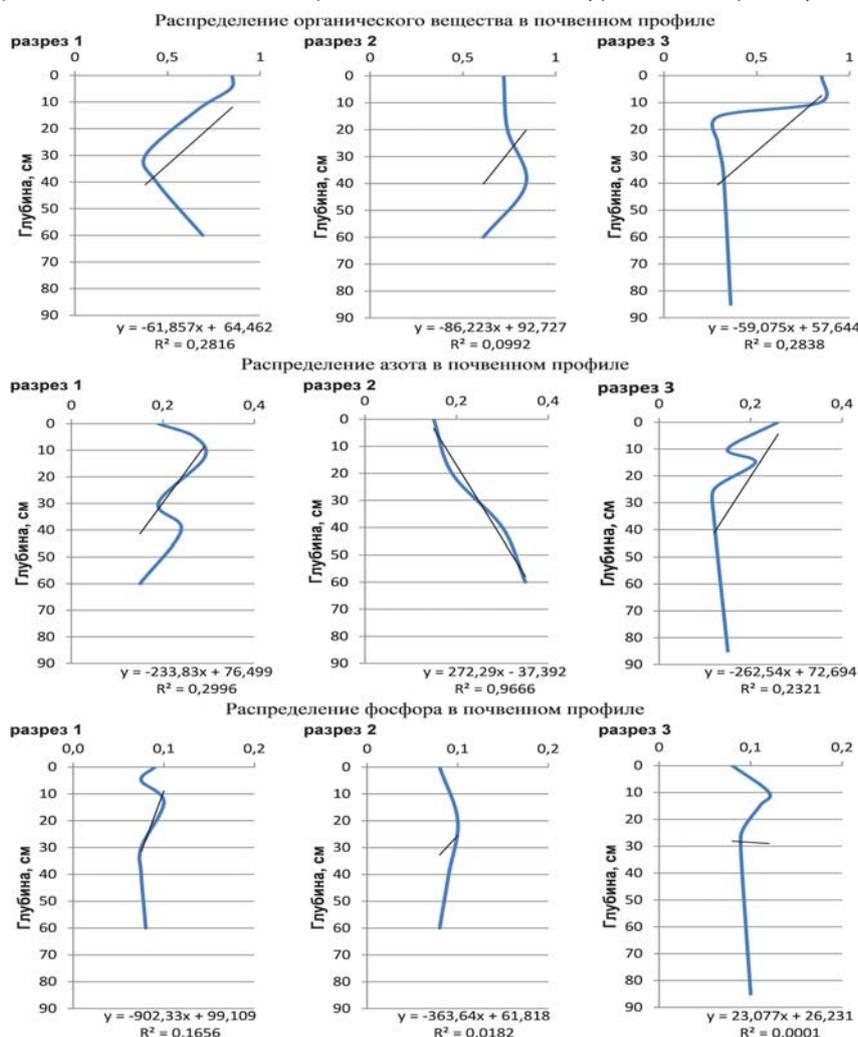


Рисунок 1. Распределение органического вещества, азота и фосфора в профиле: разрез 1 – полигон Харп; разрез 2 – полигон Харп; разрез 3 – полигон Пуровский-2 (%)

Проведенный корреляционный анализ между содержанием органического вещества в почвах и биофильными элементами, тяжелыми металлами выявил особенности исследованных почв (табл. 1). Для почвы южной тундры и лесотундры установлены связи органического вещества с реакцией среды, с содержанием общего фосфора, кальция, кобальта, свинца, меди, никеля, селена. С увеличением концентрации органического вещества в почве снижается значение рН ($r = -0,4$; связь средней силы), растут содержания фосфора ($r = 0,4$; связь средней силы), кобальта ($r = 0,4$; связь средней силы), свинца ($r = 0,4$; связь средней силы), никеля ($r = 0,6$; связь средней силы), кальция ($r = 0,5$; связь средней силы) и уменьшается концентрация селена ($r = -0,5$; связь средней силы). Содержания в данной почве нефтепродуктов, азота, железа, мышьяка не связаны с количественными характеристиками органического вещества.

В исследованной почве северной тайги анализ взаимосвязи органического вещества с тяжелыми металлами показал типичные закономерности. С увеличением содержания органического вещества существенно уменьшается аккумуляция железа ($r = -0,8$; связь сильная), свинца ($r = -0,7$; связь сильная), меди ($r = -0,8$; связь сильная), кадмия ($r = -0,7$; связь сильная), никеля ($r = -0,8$; связь сильная), селена ($r = -0,7$; связь сильная), ванадия ($r = -0,7$; связь сильная). Отрицательные значимые связи выявлены с кальцием, магнием и калием ($r = -0,9$; $r = -0,7$; связь сильная).

Азот относится к основным элементам питания, его содержание в почвах определяет уровень плодородия. Азот участвует во всех процессах синтеза и деструкции органических веществ, а также имеет собственный микробиологический цикл поступления из атмосферы в почву, превращения из органических форм в минеральные и выделения из почвы в атмосферу [Федорец, 2003]. Аккумуляция азота в почве определяет накопление гумуса и его устойчивые формы с содержанием азота 5–6% [Тюрин, 1965].

В исследованных почвах показана низкая скорость азотонакопления. Успешность освоения почв живыми организмами крайне низкая.

Содержания азота в опробованных почвах низкие и варьируют от 0,15% до 0,35%. Среднее содержание азота в почвенном профиле полигона Харп составляет $0,22 \pm 0,05\%$ (разрез 1) и $0,25 \pm 0,07\%$ (разрез 2). В почвах полигона Пуровский-2 содержания азота несколько выше и в поверхностных горизонтах равно 0,26–0,3%.

Вниз по профилю количество азота незначительно убывает, за исключением разреза 2 полигона Харп (рис. 1). Содержание азота в верхнем горизонте почти в два раза ниже, чем в нижних горизонтах на фоне относительно равномерного распределения органического вещества. Возможно, это связано с присутствием насыпных слоёв или с перемешиванием слоёв почвы в результате криотурбации.

Фосфор относится к биофильным элементам. Почвенный фосфор может быть доступным,

поверхностным или адсорбционным, органическим и неподвижным или кристаллическим. Поверхностный фосфор называют активным Р. В кислых почвах монофосфат-ион является преобладающим типом фосфатов. Фосфорсодержащие анионы в кислых почвах образуют стойкие соединения с железом, марганцем и алюминием. Признаком фосфатного голодания служит появление красно-фиолетового оттенка в окраске листьев растений. При недостатке подвижного фосфора в питательной среде ухудшается использование азота, синтез белков, нарушается обмен веществ, замедляется рост растений [Теучеж, 2017].

Обеспеченность подвижными формами фосфора опробованных почв очень низкая. Содержание общего фосфора в почвах варьирует от 0,075 до 0,12%. Значимых различий в обеспеченности тундровых, лесотундровых и северотаёжных почв фосфором не выявлено.

Профильное распределение фосфора равномерное (рис. 1).

Кальций, магний, калий и натрий относятся к основным обменным катионам почв, имеющим важнейшее значение в биологических процессах и почвообразовании, способствующим созданию нейтральной реакции среды. Соотношения обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе определяют такие важные свойства почвы как водо- и воздухопроницаемость, сложение, порозность, состояние почвенных коллоидов, структуру почвы.

Содержание кальция определяется главным образом присутствием глинистых минералов тонкодисперсных фракций, гумусом и органическими остатками. Минералы, богатые кальцием, – известняк, мрамор, мел, гипс, апатиты. Калий присутствует также в гидрослюдах, входит в состав ряда первичных минералов крупных фракций (биотит, мусковит, калиевые полевые шпаты). Натрий присутствует, главным образом в составе натрийсодержащих полевых шпатов.

Обеспеченность опробованных почв основными обменными катионами низкая (табл. 2). Содержания кальция в почвах варьируют от 81 до 315 при среднем значении $128,9 \pm 61,2$ мг/кг. Максимальные концентрации кальция выявлены в пробе почвы полигона Тазовский (Таз 1802), отобранной в пойме реки Нуны-Яха. Минимальные показатели содержания кальция в почве зафиксированы в пробе Пур2 1801.

Содержание магния в исследованных почвах находится в диапазоне от 127 до 919 мг/кг. Максимальная концентрация магния зафиксирована в поверхностных горизонтах почв ключевых участков Пур1 1801 полигона Пуровский-1 и Пур2 1803 полигона Пуровский-2.

Среднее содержание калия в опробованных почвах составляет $246,9 \pm 64,8$ мг/кг. Концентрации варьировали от 103 в почвах полигона Пуровский-2 до 380 в почвах полигона Пуровский-1.

Таблица 2. Содержание обменных катионов в почвах лесотундры и северной тайги ЯНАО

Глубина	Кальций, мг/кг	Магний, мг/кг	Калий, мг/кг	Натрий, мг/кг
Полигон Харп (долина реки Собь Полярного Урала)				
Разрез 1				
0-5	112	513	220	37,6
5-13	114	527	184	24,3
13-25	96	544	146	20
30-40	91	508	251	20
40-59	115	519	226	20,2
50-60	104	533	287	20,7
M	105,3	524	219	23,8
SD	8,5	11,3	41,8	5,9
Разрез 2				
10-20	101	571	196	22,3
20-30	122	607	173	20
40-50	128	551	231	22,7
50-60	117	549	244	34,2
M	117	569,5	211	24,8
SD	8,9	20,8	25,1	4,9
Полигон Тазовский (Таз 1802; пойма реки Нуны-Яха)				
0-20	315	683	238	36,5
Полигон Пуровский-1 (Пур1 1801)				
0-20	124	919	380	23,2
Полигон Пуровский-2 (Пур2 1801) Иллювиально-железистый подзол на глеевых суглинках				
Разрез 3				
0-10	88,1	127	103	20
10-15	81,3	331	281	20
15-25	104	565	301	20
25-36	112	534	287	20
36-45	102	576	282	21,2
45-85	109	579	321	20
M	99,4	452	262,5	20,2
SD	8,9	20,8	25,1	0,4
Полигон Пуровский-2 (Пур2 1803)				
0-20	132	902	355	21,6
Полигон Пуровский-2 (Пур2 1802)				
0-20	311	543	231	33,1
M	128,9	559,1	246,9	24,1
SD	61,2	156,4	64,8	5,9
$M_{\min} - M_{\max}$	81,3-315	127-919	103-380	20-37,6
Литосфера*	3,6	2,10	2,60	2,64
Почва*	1,37	0,63	1,36	0,63

Примечание: M – среднее значение; SD – стандартное отклонение. * Содержание в весовых процентах химических элементов в литосфере и почвах по А.П. Виноградову

Концентрация натрия в изученных почвах лесотундры Приуралья и северной тайги бассейна реки Пур варьировала от 20 до 37,6 мг/кг.

Распределение кальция и натрия в почвенном профиле равномерное (рис. 2). В верхних горизонтах почвы полигона Пуровский-2 (участок Пур2 1801) наблюдается уменьшение концентрации магния почти в четыре раза по сравнению с нижними горизонтами. Профильное распределение магния резко возрастающее. Аналогичная тенденция прослеживается и для калия. Возможно, это связано с минералогическим составом материнских пород.

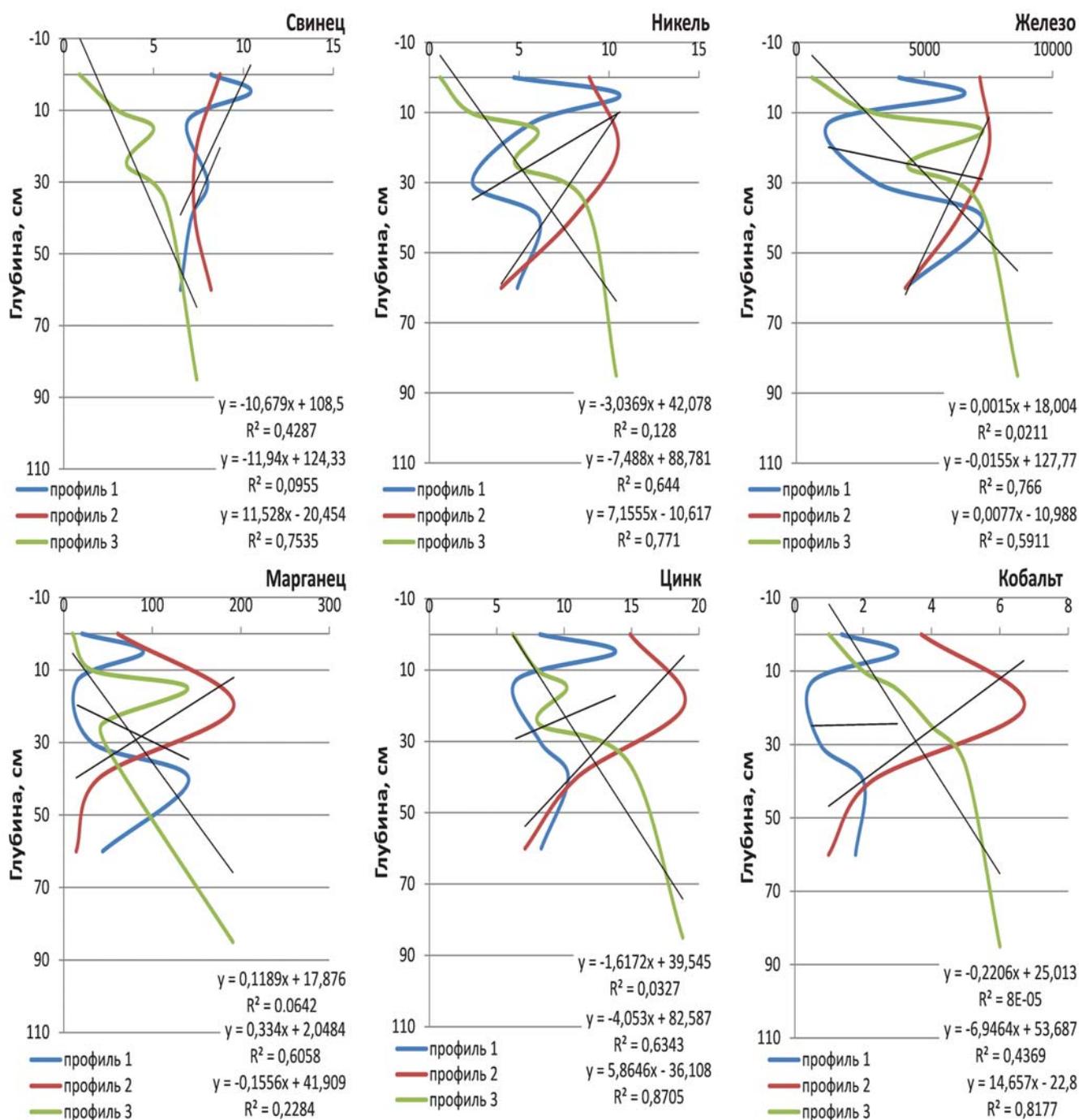


Рисунок 2. Распределение обменных катионов в почвенном профиле (разрез 1 – полигон Харп, разрез 2 – полигон Харп, разрез 3 – полигон Пуровский-2) (мг/кг).

Свинец. Тяжелые металлы являются серьезной опасностью для окружающей среды. Свинец обладает сильными халькофильными свойствами, накапливается в кислых магматических породах и глинистых осадках. Основная форма свинца – галенит PbS. Свинец способен замещать калий, барий, стронций и кальций, как в минералах, так и в сорбционных позициях. Естественная концентрация свинца в верхних горизонтах разных почв колеблется в пределах 3–189 мг/кг. Среднее значение по типам почв составляют

10–67 [Kabata – Pendias, 2011]. Свинец способен сильно влиять на биологическую активность почвы.

Проведенные исследования показали, что содержание свинца для всех типов почв колеблется от 0,9 до 10,4 мг/кг, что значительно ниже ПДК элемента (32 мг/кг) (табл. 5). Средние значения по профилям 1 и 2 составляют 7,9 мг/кг. Среднее значение свинца по профилю 3 равно 4,3 мг/кг. Распределение свинца слабоконтрастно по профилю 2 (разрез 2; см. рис. 3). Максимальные количества свинца в почвенном

профиле 1 накапливаются в нижних горизонтах. Наблюдаются достоверные изменения содержания свинца с минимумом в верхнем горизонте для разреза 3 полигона Пуровский-2.

Никель. Среднее содержание никеля в почвах мира составляет 29 мг/кг. Содержания валового никеля в изученных почвах колеблется от 0,6 до 10,6 мг/кг. Распределение никеля в почвенном профиле 2 близко к бимодальному, для профиля 1 динамика концентраций статистически незначима.

Для профиля 3 характерно аналогичное свинцу распределение никеля.

Железо и марганец. Железо является одним из главных компонентов литосферы. Геохимия железа определяется его способностью легко изменять валентность в зависимости от физико-химических условий среды. Кислые почвы более обогащены растворимым неорганическим железом. В условиях заболоченных почв происходит восстановление Fe^{3+} до

Fe^{2+} , что обуславливает увеличение растворимости железа. Железо выполняет многочисленные функции в живых клетках. В растениях осуществляет преобразование энергии, необходимой для синтеза и других процессов в клетке [Айдинхан и др., 1964]. Железо участвует в окислительно-восстановительных реакциях хлоропластов, митохондрий. На почве обогащенной железом, чрезмерное его поглощение может привести к токсическому воздействию на растения. Отношение Fe/Mn является решающим фактором устойчивости растений к железистой токсичности [Kabata – Pendias, 2011].

Валовое содержание железа в опробованных почвах колеблется от 610 до 12600 мг/кг. Максимальное содержание железа показано для почв полигона Пуровский-1 (12 600 мг/кг). В почвах лесотундровых ландшафтов Приуралья содержания варьируют от 1256 до 7518 мг/кг. В почвах северной тайги концентрации железа находятся в диапазоне от 610 до 12 600 мг/кг.

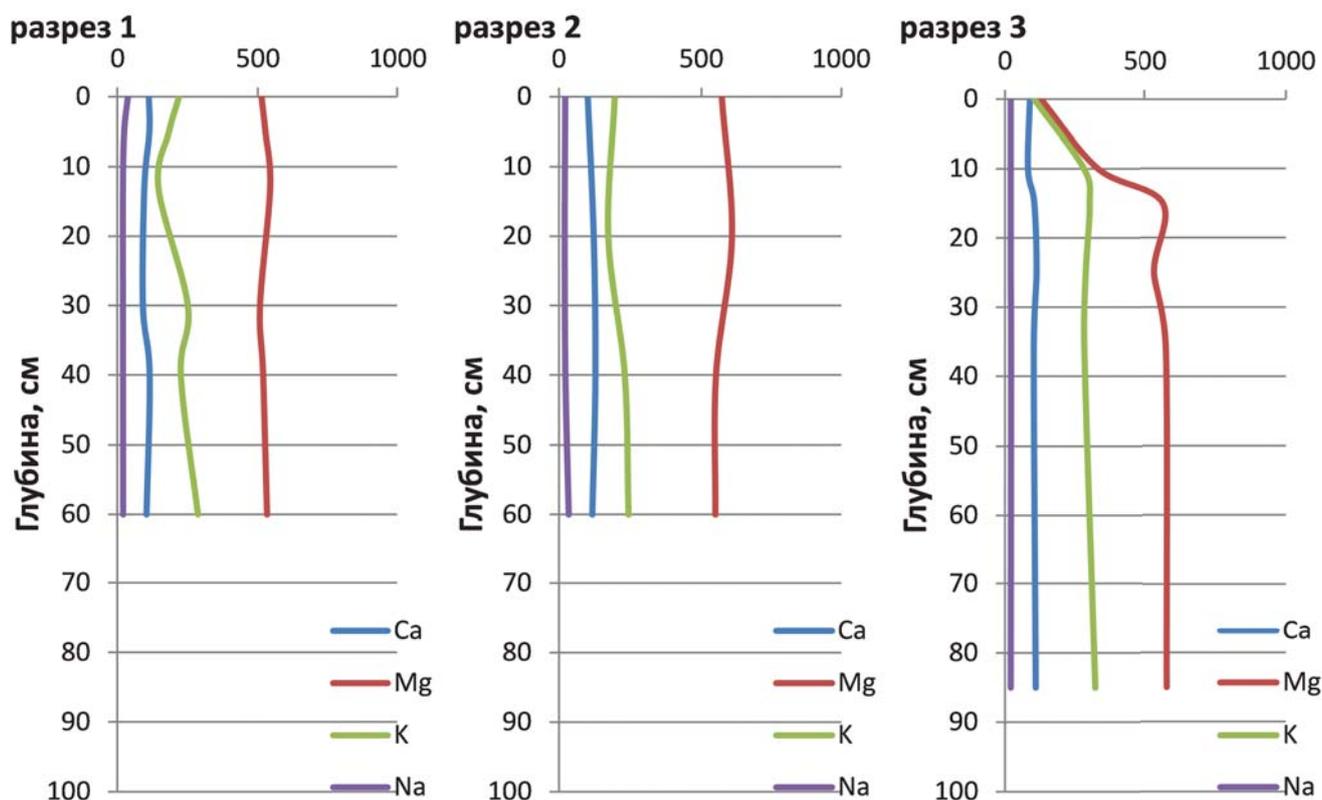


Рисунок 3. Распределение свинца, никеля, железа, марганца, цинка и кобальта в почвенном профиле (профиль 1 – полигона Харп, профиль 2 – полигона Харп и профиль 3 – полигона Пуровский-2) (мг/кг)

Марганец также является одним из самых распространенных элементов, встречается в аморфных соединениях и в кристаллической форме в пиролюзите, манганите, гаусманите и многих других минералах. Важное геохимическое значение имеют физические свойства оксидов и гидроксидов марганца, малые размеры кристаллов и, следовательно, большая площадь поверхности. Этим и объясняется высокая

степень ассоциации с марганцевыми конкрециями некоторых тяжелых металлов (Co, Ni, Cu, Zn, Mo) [Kabata – Pendias, 2011].

Содержание марганца в почвах варьирует от 10 до 192 мг/кг. Аккумуляция марганца в профиле 1 наблюдается в нижнем горизонте 40–59 см (141 мг/кг). В профиле 2 максимальная концентрация марганца зафиксирована в горизонте 20–30 см (192 мг/кг).

Таблица 3. Содержание металлов и металлоидов в почвах

Глубина	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Co, мг/кг	As, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Cd, мг/кг	Ni, мг/кг	Se, мг/кг	V, мг/кг
Полигон Харп – Разрез 1											
0–5	4002	20,7	1,37	0,90	8,2	5,3	8,2	<0,1	4,7	2,42	27,7
5–13	6512	90	3,0	1,53	10,4	13,9	13,8	<0,1	10,6	6,5	23,0
13–25	1256	15,2	0,5	0,1	6,9	6,8	6,4	<0,1	5,7	3,1	21,8
30–40	3124	31,8	0,75	0,92	8,0	5,2	8,2	<0,1	2,4	6,3	31
40–59	7258	141	2,01	1,02	7,1	7,8	10,3	<0,1	6,1	5,7	25,4
50–60	4254	44	1,78	1,1	6,5	6,1	8,3	<0,1	4,9	3,0	31
M	4401	57	1,6	0,93	7,9	7,5	9,2	–	5,7	4,5	26,7
SD	2013	45	0,8	0,43	1,3	2,9	2,3	–	2,5	1,7	3,6
Разрез 2											
10–20	7160	61	3,7	0,15	8,7	9,8	14,9	<0,1	8,9	6,1	23,0
20–30	7518	192	6,7	1,19	7,4	11,5	18,9	<0,1	10,5	6,0	20,6
40–50	6328	39,1	2,25	0,87	7,3	9,4	11,0	<0,1	8,0	3,7	30
50–60	4258	14,1	0,99	0,1	8,2	4,7	7,1	<0,1	4,0	2,11	27,7
M	6316	77	3,4	0,58	7,9	8,9	12,9	–	7,9	4,5	25,3
SD	1264	69	2,1	0,47	0,6	2,5	4,4	–	2,4	1,7	3,7
Полигон Тазовский (Таз 1802)											
0–20	3992	20,1	1,25	0,85	4,2	5,1	8,1	<0,1	4,6	2,28	11,1
Полигон Пуровский –1 (Пур1 1801)											
0–20	12600	89	2,9	1,48	10,4	13,8	13,7	0,6	10,5	6,3	26,4
Полигон Пуровский –2 (Пур2 1801) – Разрез 3											
0–10	610	10	0,5	0,1	0,9	1	6,2	0,1	0,6	0,1	1,87
10–15	2992	31,2	0,63	0,87	3,0	3,0	8,0	0,16	2,3	1,2	10,5
15–25	7262	140	1,89	0,97	5,0	7,7	10,2	0,35	6,0	5,5	10,9
25–36	4342	43	1,66	1,05	3,5	5,9	8,1	0,16	4,8	2,9	10,7
36–45	7132	60	3,6	0,1	5,7	9,7	14,8	0,30	8,7	5,9	21,1
45–85	8632	191	6,5	1,14	7,4	11,4	18,8	0,42	10,4	10	20,4
M	5162	93	2,9	0,826	4,3	6,5	11,0	0,25	5,57	4,3	12,6
SD	2782	62	2,1	0,374	2,1	3,6	4,4	0,12	3,4	3,3	6,6
Полигон Пуровский –2 (Пур2 1803)											
0–20	7602	38,5	2,13	0,82	7,3	9,3	10,8	0,31	7,9	3,5	16,3
Полигон Пуровский –2 (Пур2 1802)											
0–20	3472	13,5	0,87	<0,1	4,2	4,6	7,0	0,12	3,9	1,97	8,9
M	5515	64,3	2,25	0,768	6,5	7,6	10,6	0,2	6,3	4,5	19,9
SD	2663	55,2	1,69	0,457	2,3	3,3	3,7	0,14	2,9	2,1	8,0
Mmin- Mmax	610– 12600	10–192	0,5–6,7	0,1–1,48	0,9– 10,4	1–13,9	6,2–18,9	0,1–0,6	0,6–10,6	0,1–10,0	1,87– 31,0
Кларк*	46500	488	8,5	6,8	27	39	70	0,5	29	0,4	90

* Кларки для Fe приведены по [Виноградов, 1962], остальных элементов по [Kabata – Pendias, 2011]

Профильное распределение марганца (разрез 1) неравномерно нарастающее. Радиальные распределения марганца и железа практически совпадают.

Цинк относится к поллютантам первого класса опасности. Норматив ОДК цинка в почве составляет 55–110 мг/кг. Кларк земной коры цинка равен 83 [Виноградов, 1962]. Содержание цинка в почвах мира составляет 70 [Kabata – Pendias, 2011].

Содержание цинка в почвах варьирует от 6,2 до 18,9 мг/кг. Распределение цинка по профилю неравномерно: максимальное накопление в верхнем горизонте 0–10 см (профиль 1), 10–20 см (профиль 2). В северотаёжных почвах аккумуляция цинка показана в нижележащих горизонтах 45–85 см (профиль 3) (рис. 6).

Профильное распределение цинка и кобальта практически совпадает.

Концентрация *кобальта* в земной коре составляет для ультраосновных пород 100–220 мг/кг, для кислых пород 1–15 мг/кг. Среднее содержание для почв земного шара составляет 8,5 мг/кг. Кобальт входит в состав минералов мышьяка и селена, а наиболее часто железа. Содержание кобальта в опробованных почвах колеблется от 0,5 до 6,7 мг/кг. Аккумуляция кобальта в почве более высокая в ландшафтах лесотундры Приуралья, чем в почвах северной тайги бассейна реки Пур. Концентрация кобальта увеличивается в нижележащих горизонтах почвенного профиля 3, в то время как распределение кобальта в профиле 2 имеет противоположные тенденции.

Оксиды железа и марганца, глинистые минералы обладают высокой способностью к адсорбции кобальта.

В исследованных почвах концентрации кобальта низкие. При содержании кобальта в почвах менее 5 наблюдается недостаточность его в травах, что препятствует нормальному развитию животных. Кобальт необходим для синтеза витамина B_{12} . Кобальт влияет на способность растений фиксировать азот из воздуха.

Для зон подзолистых и дерново-подзолистых почв Северного полушария характерны биогеохимические провинции, связанные с недостатком кобальта наряду с йодом, кальцием, медью и другими элементами, обусловленным большой подвижностью ионов кобальта и легким вымыванием из почв [Архангельский, 2013].

Медь. В кислой среде почв медь легко растворяется при выветривании, и свободные ионы меди легко химически взаимодействуют с минеральными и органическими компонентами. В почвенном профиле тундровых и лесотундровых ландшафтах содержание меди варьирует от 4,7 до 13,9 (рисунок 3). В почвенном разрезе северотаёжного ландшафта содержание меди находится в диапазоне от 1 до 11,4 мг/кг. Валовое содержание меди в поверхностных горизонтах почв на разных полигонах колеблется от 1 (полигон Пуровский-2) до максимального значения 13,9 (Пуровский-1). Медь аккумулируется в нижних горизонтах почвенного профиля. В почвах полигона Харп наблюдается тренд на повышение валового содержания меди к верхним горизонтам (20–30 см), в северотаёжных почвах динамика противоположная. Показана корреляция меди с рН почвенной вытяжки по горизонтам ($r = 0,3 - 0,6$).

Среднее содержание меди в поверхностном слое почв разных стран составляет 39 [Kabata – Pendias, 2011].

Кларк мышьяка в земной коре составляет 1,7 [Виноградов, 1962], в почвах мира – 6,8 [Kabata – Pendias, 2011]. ОДК мышьяка в почвах равно 2 мг/кг.

Содержание *мышьяка* в опробованных почвах находится в диапазоне от 0,1 до 1,48 мг/кг. Максимальные значения концентраций мышьяка показаны для почв полигона Пуровский-1. Среднее содержание As в почвах лесотундровых ландшафтов Приуралья составляет 0,9 и 0,6 мг/кг.

Содержание *кадмия* в почвах полигона Харп не превышает 0,1 мг/кг. Содержание кадмия в почвах северотаёжных ландшафтов колеблется от 0,1 до 0,6 мг/кг. Максимальная концентрация кадмия зафиксирована в почве полигона Пуровский-1 (Пур1 1801). Распределение кадмия по профилю почвы (разрез 3) постепенно нарастающее.

Фоновое содержание кадмия в почвах мира составляет 0,5 [Kabata – Pendias, 1989].

Селен – халькофильный неметалл. Селен образует минералы ашавалит (FeSe), клаусталит (PbSe), хастит (CoSe₂) и еще более 30 минералов. Селен в осадочных породах связан с глинистой фракцией. Среднее содержание селена в поверхностном слое почв земного шара составляет 0,4 [Kabata – Pendias, 1989].

В опробованных почвах содержание селена варьирует от 0,1 до 10 мг/кг. Концентрации селена в почвах лесотундровых ландшафтов предгорной области Полярного Урала находятся в диапазоне 2,1 и 6,5 мг/кг. Распределение селена в почвенном профиле 2 характеризуется как убывающее, в почвенном профиле 1 как равномерное.

Содержание селена в почвах северотаёжных ландшафтов колеблется от 0,1 до 10 мг/кг. Максимальное накопление селена в гумусовом горизонте зафиксировано на полигоне Пуровский-1. Почвенное распределение селена нарастающее с максимумом в горизонте С (10 мг/кг).

При уровне содержания селена в почве 2 проявляется угнетающее действие на растения [Ермаков и др., 1974; Боев, 2013]. Согласно предложенной J. Тап шкале уровня обеспеченности почв селеном, исследованные почвы характеризуются избыточным его содержанием [Тап и др., 2002]. Концентрации селена в почве менее 0,125 позволяют отнести изучаемую территории к селенодефицитной, от 0,125 до 0,175 – территория маргинальной недостаточности, 0,175 – 3,0 – область оптимума, более 3,0 – область избытка.

Селен – важный биогенный элемент, принимающий участие в метилировании, разрушении перекиси водорода и перекисных радикалов, окисление соединений серы и липидов. Селен входит в состав фермента глутатионпероксидазы, регулирующего антиоксидантное состояние организма [Ермаков, 1999]

Ванадий концентрируется преимущественно в основных породах и сланцах. Среднее мировое содержание ванадия в почвах оценивается в 90 мг/кг. Среднее содержание ванадия в опробованных почвах варьирует от 1,87 до 31 мг/кг. Почвы лесотундровых ландшафтов Приуралья содержат ванадия в количестве от 20,6 до 31 мг/кг. Почвы северотаёжных ландшафтов характеризуются более низкими концентрациями ванадия (от 1,87 до 26,4 мг/кг). Максимальное содержание ванадия показано для полигона Пуровский-1. Профильное распределение ванадия плавно нарастающее.

Изучены ассоциации химических элементов в почвах фоновых территорий (табл. 4). Анализ корреляционных связей между содержаниями элементов в почвах северотаёжного ландшафта показывает наличие положительных сильных связей между большинством изучаемых элементов. Коэффициенты корреляции высокие на уровне 0,9 выявлены для Fe и Mn, Fe и Co, Fe и Pb, Fe и Cu, Zn, Ni, Se, V, Cd. Выявлена ассоциация Fe-Mn-Co-Pb-Zn-Ni-Se-V-Cd.

В почвах полигона Харп отсутствует связь всех изученных элементов с ванадием. Коэффициенты корреляции низкие.

Таблица 4. Корреляционные связи между содержанием металлов в почве

Профиль 1 (полигон Харп)											
	Fe	Mn	Co	As	Pb	Cu	Zn	Ni	Se	V	
Fe		0,9	0,9	0,8	0,4	0,6	0,8	0,5	0,5	-0,1	
Mn	0,9		0,7	0,5	0,2	0,5	0,7	0,5	0,6	-0,2	
Co	0,9	0,7		0,9	0,6	0,8	0,9	0,8	0,4	-0,2	
As	0,8	0,5	0,9		0,6	0,6	0,9	0,5	0,5	0,3	
Pb	0,4	0,2	0,6	0,6		0,8	0,8	0,7	0,5	-0,3	
Cu	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8		0,9	0,9	0,6	-0,6	
Zn	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9		0,8	0,7	-0,3	
Ni	0,5	0,5	0,8	0,5	0,7	0,9	0,8		0,2	-0,7	
Se	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,3		-0,1	
V	-0,1	-0,2	-0,2	0,3	-0,3	-0,6	-0,3	-0,7	-0,1		
Профиль 3 (Пуровский-2)											
	Fe	Mn	Co	As	Pb	Cu	Zn	Ni	Se	V	Cd
Fe		0,9	0,8	0,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Mn	0,9		0,8	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,9
Co	0,8	0,8		0,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
As	0,4	0,6	0,3		0,4	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4
Pb	0,9	0,9	0,9	0,4		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Cu	0,9	0,8	0,9	0,3	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Zn	0,9	0,8	0,9	0,2	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9
Ni	0,9	0,8	0,9	0,3	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9
Se	0,9	0,9	0,9	0,1	0,9	0,9	0,9	0,9		0,8	0,9
V	0,9	0,6	0,8	0,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8		0,8
Cd	0,9	0,9	0,9	0,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	

Для арктических и субарктических регионов загрязнение почв нефтепродуктами представляет опасность в связи с их замедленной деградацией. Содержание нефтепродуктов во всех пробах не превышает допустимых уровней. Согласно инструкции «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель» (1995), допустимым считается уровень загрязнения почв нефтепродуктами до 1000 мг/кг.

Содержание нефтепродуктов в опробованных почвах не превышает допустимых уровней загрязнения. Распределение нефтепродуктов в почвенных профилях полигонов Харп и Пуровский-2 представлено на рисунке 4.

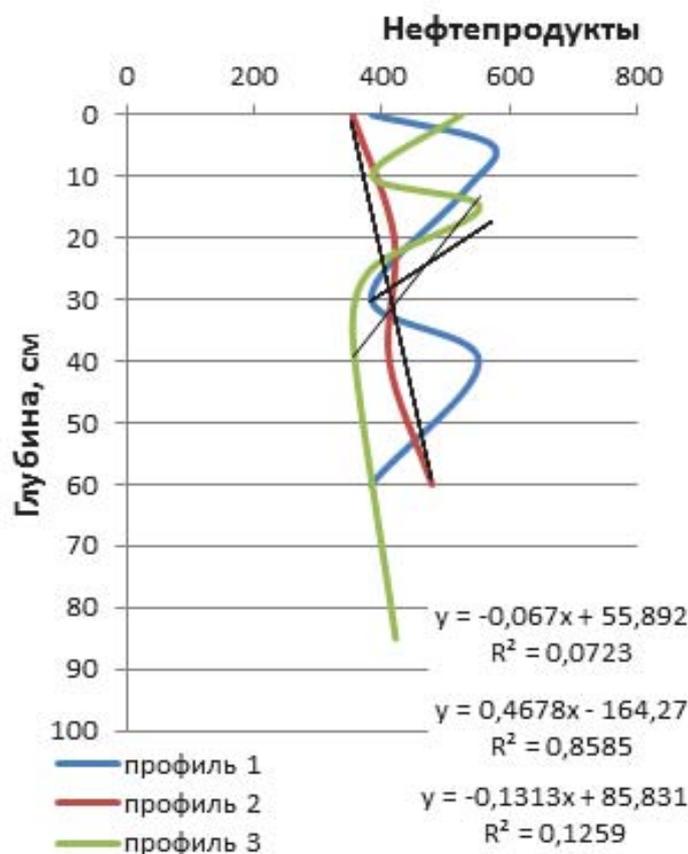


Рисунок 4. Распределение нефтепродуктов в почвенном профиле (профиль 1 полигона Харп, профиль 2 полигона Харп и профиль 3 полигона Пуровский-2) (мг/кг)

Выводы. Проведенное исследование эколого-геохимического состояния почв на полигонах Харп, Тазовский, Пуровский-1, Пуровский-2 установило низкое содержание в почвах органического вещества. Данный показатель является одним из важнейших факторов устойчивости почв к техногенным воздействиям. Органическое вещество влияет на такие параметры почвы, как емкость катионного обмена, буферные свойства, способность образования водорастворимых и нерастворимых соединений с металлами. Органические вещества обуславливают устойчивость почвенных агрегатов, влагоёмкость. Одним из методов оценки качества почв является состояние гумусового слоя [Томашунас В.М., Абакумов Е.В., 2014].

Нормативные показатели тяжелых металлов для изученных почв должны учитывать содержания ила и гумуса, содержание сорбентов (гидроксидов железа и марганца) как основных фаз-носителей.

Химические основы охраны почвы, трансформация и миграция химических загрязнителей в почвах и сопредельных средах, мониторинг загрязненных почв, исследования почв как компонента окружающей среды – важные направления исследований. Почву следует рассматривать, не изолированно, а как звено в системах: атмосфера = почва = грунтовые воды, почва = грунтовые воды. Во всех изменениях окружающей среды почва участвует прямо или косвенно, в связи с чем необходимы комплексные исследования почв.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агбалян Е.В., Колесников Р.А., Печкин А.С., Моргун Е.Н., Красненко А.С., Ильясов Р.М., Локтев Р.И., Шинкарук Е.В. Экологическое состояние почв полигонов комплексного экологического мониторинга «Сабетта», «Харп», «Надымский» Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. № 4 (101). Салехард, 2018. – С. 5–12.
2. Айдинян Р. Х. Содержание и формы соединений серы в различных почвах СССР и ее значение в обмене веществ между почвой и растением. Агрехимия, 1964, № 10.
3. Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Степень гумификации органического вещества почв южного Ямала и восточного макросклона Полярного Урала // Живые и биокосные системы. 2016. № 16. С. 7.
4. Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Шамилишвилли Г.А., Лодыгин Е.Д. Содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводов в почвах населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа // Гигиена и санитария. 2016. № 95 (9). С. 818–821.
5. Архангельский В.И., Мельниченко П.И. Гигиена. Compendium // Учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности 060101.65 «Лечебное дело» дисциплины «Гигиена с основами экологии человека. Военная гигиена» М., 2012.
6. Боев В.А. Селен в почвах и сельскохозяйственных культурах юга Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 12. С. 112–120.
7. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
8. Дергачева М.И., Зыкина В.С. Органическое вещество ископаемых почв. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1988. 128 с.
9. Ермаков В.В. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы / В.В. Ермаков // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. М.: Наука, 1999. С. 152–182.
10. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. М.: Наука, 1974. 298 с.
11. Костина Ю.Н. Динамика органического вещества серых лесных почв при земледельческом использовании: дисс. канд. биол. наук, 2001. Нижний Новгород. 149 с.
12. Орлов Д.С. Органическое вещество почвы и органические удобрения. М.: Изд-во МГУ. 1985. 98 с.
13. Попова Л.Ф., Васильева А.И., Ефремова О.П. Эколого-аналитическая оценка обеспеченности почв города Архангельска элементами питания растений // Фундаментальные исследования. № 11. 2012. С. 965–969.
14. Середина В.П., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И. Исследование процессов формирования органического вещества в нарушенных при угледобыче почвах // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 1 (17). С. 18–31.
15. Теучеж А.А. Изучение роли подвижного фосфора в системе “почва” – “удобрения” - “урожай” // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 127. С. 905–917.
16. Томашунас В.М., Абакумов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах полуострова Ямал и острова Белый // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 26–31.
17. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. Изд-во: Наука, 1965. 322 с.
18. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. СПб.: Наука, 2005. 339 с.
19. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 240 с.
20. Gulinska J. et al. Soil contamination in high Arctic areas of human impact, central Spitsbergen, Svalbard // Polish Journal of Environmental Studies. – 2003. – Т. 12. – № 6. – P. 701–710.
21. Kabata – Pendias A. Trace elements in soils and plants. CRC Press, 2011. 505 p.
22. Moskovchenko D.V., Kurchatova A.N., Fefilov N.N., and Yurtaev A.A. Concentrations of trace elements and iron in the Arctic soils of Belyi Island (the Kara Sea, Russia): patterns of variation across landscapes // Environmental Monitoring and Assessment, 2017, DOI 10.1007/s10661-017-5928-0.
23. Tomashunos V.M., Abakumov E.V. The content of heavy metals in soils of the yamal peninsula and the bely island // Gигиена i sanitariia. – 2014. – Vol. 93, no. 6. – P. 26–31.

УДК 574.587, 911.8
DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.003

Красненко Александрович Сергеевич
к.б.н., старший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79220406099, alexs-krasnenko@yandex.ru

Печкин Александр Сергеевич
младший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79821600815, a.pechkin.ncia@gmail.com

Печкина Юлия Александровна
младший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79179859190, julja-lisman@rambler.ru

Кобелев Василий Олегович
научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79220950065, 79220950065@ya.ru

Шинкарук Елена Владимировна
научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79222830222, elena1608197@yandex.ru

Агбалян Елена Васильевна
д.б.н., заведующий сектором эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79224635909, agbelena@yandex.ru

A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, Y.A. Pechkina, V.O. Kobelev, E.V. Shinkaruk, E.V. Agbalyan

К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАДЫМСКИЙ»

TO A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE WESTERN PART OF THE STATE NATURE RESERVE OF REGIONAL SIGNIFICANCE "NADYMSKY"

Аннотация. Приведены результаты оценки комплексного экологического состояния ООПТ «Надымский заказник» на западном участке исследования (полигоне). Показаны описание почвенного и растительного покрова, краткая характеристика гидрографической сети, а также водной биоты.

Abstract. The results of the assessment of the complex ecological state of the specially protected natural area «Nadymsky Nature Reserve» in the western part of the study (site) are presented. A description of soil and vegetation cover, a brief description of the hydrographic network, as well as aquatic biota are shown.

Ключевые слова: ЯНАО, ООПТ, Надымский заказник, почвы, растительность, донные беспозвоночные.

Keywords: Yamal-Nenets Autonomous District, specially protected natural area, Nadymsky Nature Reserve, soils, vegetation, bottom invertebrates.

С возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду и прогнозированием изменения климата появляется необходимость исследования экологической ситуации в округе на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Анализ, оценка и обобщение накопленных данных фоновых территорий имеют первоочередное значение для понимания происходящих процессов, а также принятию решений в области управления рационального природопользования.

Целью данной работы является комплексная экологическая оценка и состояние ООПТ «Надымский заказник». На исследуемом полигоне в западной части заказника были исследованы почвенный и растительный покров, а также водные объекты.

Государственный природный заказник регионального значения «Надымский» образован постановлением Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 29 мая 2017 года № 488-П на площади 562 995,51 га, без ограничения срока действия и без изъятия земельных участков у землепользователей. Утверждены положение о заказнике и описание границ территории. Ранее заказник имел статус федерального, был учрежден 30 июля 1986 года Приказом Главхоты РСФСР № 301 (утвержден Приказом Минсельхоза № 662 от 21 апреля 2003 г.). Реорганизован и переведен в статус регионального на основании распоряжения

Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2016 года № 784-Р [ООПТ России].

Заказник располагается в центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа. Большая часть заказника находится на Ненецкой возвышенности, меньшая – в Надымской низменности [Ларин С.И., 2001]. Заболоченность территории составляет 22%, заозеренность 2%. Местность равнинная [Солодовников А.Ю., 2014]. Охраняемая территория охватывает междуречье правых притоков (среднее течение) реки Надым (реки Правая Хетта и Танлова). Заказник создавался для сохранения, восстановления, воспроизводства наиболее ценных в хозяйственном, научном и культурном отношении охотничьих животных; охраны редких животных занесённых в Красную книгу РФ, ЯНАО, а также в международный союз охраны природы (МСОП); охраны природных ландшафтов, редких и ценных видов растений и растительных сообществ. ООПТ непосредственно граничит с землями сельскохозяйственного назначения (оленьи пастбища), водного фонда, Госземзапаса и лесного фонда. Через территорию заказника с запада проходит автодорога Надым – Сургут, линия ЛЭП и магистральный газопровод.

Для исследования состояния экосистем ООПТ, был выбран участок (полигон), включающий все типичные ландшафты заказника (Рис.1).

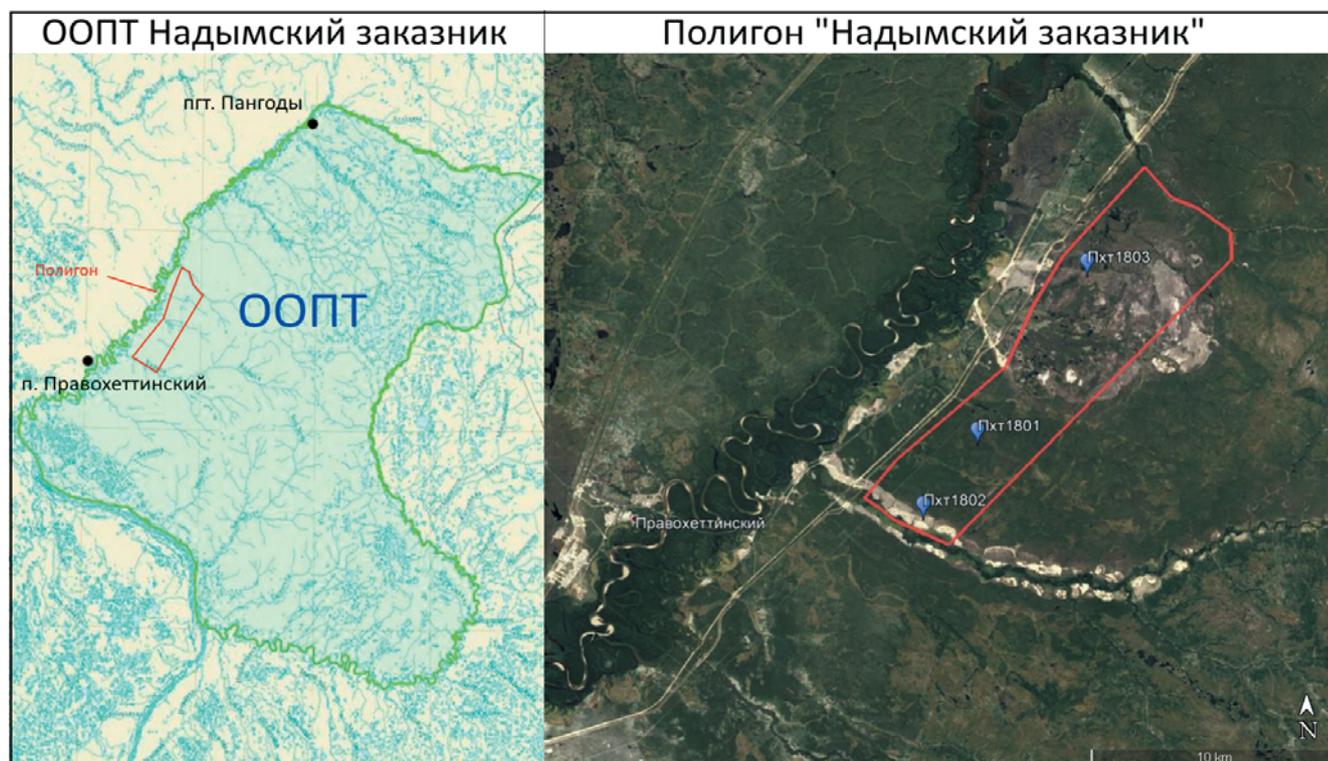


Рисунок 1. Схема расположения полигона «Надымский заказник» с ключевыми участками

Географическое положение

Границы полигона: северо-западная часть – высоковольтная ЛЭП, северо-восточная часть – долина реки Хадыта, юго-восточная часть – урочище Сямб с прилегающими небольшими безымянными озерами, юго-западная часть – долина реки Хадьяха (таблица 1). Площадь полигона составляет 100 км², площадь водных объектов составляет 14,6 км² (14,6% от территории); площадь лесов составляет 29,3 км² (29,3% от территории); площадь открытых участков заболоченной тундры составляет 56,1 км² (56,1% от территории).

Таблица 1. Координаты полигона «Надымский заказник»

Сторона	Северная	Восточная	Южная	Западная
N, долгота	N65°26'52.2" 65.44784	N65°24'44.3" 65.41229	N65°21'0.5" 65.35014	N65°23'7.8" 65.38549
E, широта	E73°44'4.4" 73.73455	E73°54'7.3" 73.90204	E73°48'8.3" 73.8023	E73°35'11.2" 73.58644

Максимальная высота на территории полигона – 57,6 м (находится в южной части на урочище Сямб), минимальная высота – 34,6 м (в северо-западной части, рядом с границей ЛЭП). Средние высоты составляют 43 м.

Ближайшая метеостанция находится в аэропорту г. Надым, в 50 км от заказника. Средняя годовая температура воздуха составляет: –6,6°C; в январе: –23,6°C; в мае: –1,5°C; в июле: +14,7°C; в сентябре: +5,5°C. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает отметки в –58°C; Средний максимум температуры воздуха в июле составляет +20°C [Дневник погоды в Надыме]. Ветровой режим на полигоне складывается в зависимости от циркуляционных факторов и местных физико-географических условий. В основном преобладают ветры юго-западного, южного и юго-восточного направления [Соромотина О.В., 2004]. Продолжительность устойчивых морозов составляет около 195 дней. Среднее атмосферное давление в январе – 1016 гПа; в июле – 1008 гПа. Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 76% [Соромотина О.В., 2004]. Среднее количество осадков за год составляет около 400–450 мм. в период с апреля по октябрь – 300–350 мм [данные с метеостанций]. Число дней с устойчивым снежным покровом составляет в среднем 220 [Соромотина О.В., 2004]. Высота снежного покрова – в тундровой зоне полигона не превышает отметку 50 см. В лесах высота снежного покрова достигает 85 см. В резко пониженных участках высота снежного покрова может достигать 120 см.

Полигон расположен в Западно-Сибирской равнинной ландшафтной стране, Обь-Урало-Енисейской северотаежной области, Обь-Тазовской ландшафтной подобласти, в пределах Надымской и Надым-Пурской южной ландшафтных провинциях [Гвоздецкий Н.А., Криволицкий А.Е., Макунина А.А., 1973]. Ландшафты представлены как пологоувалистые песчаные с прослоями супесей равнины с лиственничными, лиственнич-

но- и кедрово-сосновыми с елью лесами на подзолах иллювиально-железисто-гумусовых. Долинно-речные ландшафты представлены как долины тундровых рек с плоскими моховыми тундрами, пушицевыми кочкарниками и ивняками [Козин В.В., 2004].

В 1 км проходит дорога Надым–Сургут. В 300 м от границы, в северо-восточной части полигона, находятся магистральный газопровод. Северо-восточную границу полигона формируют линии ВЛЭП.

Почвенный покров

Полигон «Надымский заказник» состоит в основном из торфяных органогенных (60%), и постлитогенных альфегумусовых почв (40%) (таблица 2). Особенностью рельефа изучаемого района является островной характер развития многолетнемерзлых пород, что находит отражение в широко распространенной на данной территории положительно замкнутой форме криогенного рельефа – гидролаколит, бугров пучения, имеющих в основании ледяное ядро инъекционно-сегрегационного механизма образования.

Разрез Пхт1801 располагается в северо-западной части полигона исследования, средней части сухого кустарничково-лишайникового пологого склона холма средней длины. Представлен подзолами альфегумусовыми иллювиально-железистыми на покровных суглинках.

Разрез Пхт1802 располагается в западной части полигона исследования, на нижней части покатого песчаного склона неустойчивых к раздувам лишайниках. Представлен подзолами альфегумусовыми языковатыми с признаками пирогенеза на песчанике.

Разрез Пхт1803 располагается на восточной части полигона исследования, на нижней части межкочкарной низменности вблизи бугра пучения и заболоченного озера. Представлен торфяными олиготрофными перегнойно-торфяными на мерзлых торфах.

Таблица 2. Почвенный покров на исследуемых участках полигона «Надымский заказник»

Координаты	Высота н. у. м.	ММП↓ см	Горизонты, см	Описание почв
Пхт1801				
65°28'22.41"C 73°48'33.14"B	48,2	180 – 220	Oh 0–7	Сухая торфяная подстилка преимущественно кустарничково-лишайникового происхождения, темно-бурого цвета, пористая, с обильным количеством мелких корней, в нижней части горизонта (до 2 см) присутствует прерывистый горизонтальный перегнойный материал, граница ровная, переход резкий.
			E 7–12	Уплотненный белесый подзолистый легко суглинистый, сухой, с единично встречающимися крупными и очень мелкими корнями, граница ровная, переход резкий.
			BF 12–40	Неоднородно рыжий среднесуглинистый, с единично встречающимися крупными и очень мелкими корнями, с большим количеством оксида железа у верхнего и нижнего края, граница ровная, переход постепенный.
			BC 40–70	Слабопятнистый неоднородный средний суглинок бледно – рыжего бурого и белесого цвета слабой контрастностью и диффузной резкостью с редко встречающимися мелкими корнями, плотный, мелкочешуйчатый, с горизонтальными редкими прерывистыми мелкощелевидными порами, граница мелковолнистая, переход заметный.
			C 70–106	Очень плотный неоднородно горизонтально слоистый средний суглинок, окрашенный в бледно серо-буро-коричневый цвета, с присутствием небольших окатанных зерен марганца.
Пхт1802				
65°26'46.04"C 73°44'48.81"B	40,4	270–350	O _{PIR} 0–1 (5)	Плотная, прерывная, не до конца сгоревшая ягельная подстилка черного цвета, граница ровная, переход резкий.
			E 1–16 (30)	Песчаный рыхлый раздельночастичный подзолистый белого цвета с заметной черной окантовкой, крупнозернистый, сухой, граница затечная, переход резкий.
			BF 16–30	Песчаный рыхлый раздельночастичный рыжего цвета с редкими мелкими пятнышками заметного и резкого черного цвета, крупнозернистый, сухой, граница средневолнистая, переход резкий.
			BHFy 30–45	Песчаный рыжий рыхлый раздельночастичный горизонтальнослоистый с множеством средних пятен черного цвета с редкими вертикальными линиями черного цвета, сухой, крупнозернистый, граница мелковолнистая, переход ясный.
			BC 45–76	Песчаный рыхлый горизонтальнослоистый полосчатый рыжего бурого и желтого цвета с редкими еле заметными вертикальными линиями бурого цвета, с редкими средними заметными бурыми пятнами, сухой, крупнозернистый, граница ровная, переход ясный.
			C 76–100	Серый, плотный, с оранжевыми ясными горизонтальными прерывистыми слоями и еле заметными белесыми хаотичными пятнами.
Пхт1803				
65°32'2.62"C 73°53'30.61"B	35,8	80	TO 0–50	Сфагновый слоистый полосчатый мокрый торфяник, сменяющийся от желто-бурого до темно-бурого цвета, с разной степенью разложения (от 30 до 50%), с часто встречающимися многочисленными тонкими и очень тонкими корнями морошки и клюквы, граница ровная, переход резкий.
			TT 50–80↓	Плотный мокрый однородный торфяник темно-бурого цвета, с сильной степенью разложения (свыше 50%), с кристалликами льда. Торфяная олиготрофная перегнойно-торфяная на мерзлых торфах.

Растительный покров

Растительный покров на Надымском заказнике представлен в виде редколесий лиственнично-березовых, местами с елью, кустарничково-зеленомошно-лишайниковых редколесий и редкостойных лесов (*Cladina stellaris*, *Dicranum elongatum*; *Betula nana*); редкостойных лиственнично-березовых, местами с елью и кедром (*Pinus sibirica*) лишайниковых и зеленомошно-лишайниковых производных таёжных лесов; кустарничково-сфагново-лишайниковых (*Cetraria cucullata*, *Sphagnum balticum*, *Ledum palustre*) и осоково-пушицево сфагновые (*Sphagnum balticum*, *Eriophorum russeolum*, *Carex rotundata*) плоскобугристых комплексных болот [Попова Т.В., Вдовюк Л.Н., 2004].

На всей территории полигона «Надымский заказник» развита в основном мохово-кустарничковая растительность с древостоем, в основном лиственницей, кедром и березой (70%). Также в центральной части полигона имеются заболоченные участки, составляющие до 25% сухопутной части полигона, состоящие в основном из кустарничково-моховых сообществ на тундровых кочкарниках. Остальные 5% территории занимают песчаные раздувы вблизи р. Хадытта, на которых доминирует сфагновое сообщество (таблица 3).

На участке Пхт1801: мохово-кустарничковая растительность хорошего состояния на сухом пологом склоне в низкорослом лиственнично-березовом лесу. Древостой II бонитета, средний возраст 30 лет. Преобладает лиственница сибирская (*Lárix sibirica*). Подлесок II бонитета, выражен отлично, преобладает береза (*Betula alba*) и Ель (*Picea sp.*).

Травяно-кустарничковый ярус средний. Проектное покрытие до 70%, отдельные экземпляры достигают высоты до 40 см. Доминантами являются: багульник (*Lédum palústre*) и голубика (*Vaccínium uliginósum*). В меньшей степени – брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), шикша (*Empetrum nigrum*), черника (*Vaccínium myrtillus*), сфагнум (*Sphagnum palustre*), кладония (*Cladonia rangiferina*).

На участке Пхт1802: сфагновое доминирующее сообщество отличного состояния на песчаном раздуве. Древостой III бонитета, средний возраст 30 лет. Преобладает береза (*Betula alba*). Подрост отсутствует.

Лишайниковый ярус низкий. Проектное покрытие до 40%, высотой до 4–5 см. Доминантой является кладония (*Cladonia rangiferina*). В меньшей степени – толочнянка (*Arctostáphylos*). Встречаются брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), осока (*Carex sp.*), шикша (*Empetrum nigrum*), арктоус (*Arctous sp.*).

На участке Пхт1803: кустарничково-моховое сообщество отличного состояния на тундровых среднеразвитых кочкарниках вблизи бугров вспучивания. Древостой и подрост отсутствует.

Кустарничково-моховой ярус средний. Проектное покрытие до 90%, отдельные экземпляры достигают высоты до 40 см. Доминантами являются багульник (*Lédum palústre*), сфагнум (*Sphagnum palustre*) и морошка (*Rubus chamaemorus*). В меньшей степени: ёрниковая береза (*Betula fruticosa*), брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), карликовая береза (*Betula nana*), пушица узколистная (*Erióphorum angustifólium*), кладония (*Cladonia rangiferina*).

Таблица 3. Геоботаническое описание на исследуемых участках полигона «Надымский заказник»

Координаты	Виды раст. (рус.)	Виды раст. (лат.)	%, доля/ кол-во, шт	h↑, см
Пхт1801				
65°28'22.41"С 73°48'33.14"В	Голубика	<i>Vaccínium uliginósum</i>	30	20
	Багульник	<i>Lédum palústre</i>	45	40
	Брусника	<i>Vaccínium vítis-idaéa</i>	>2	5
	Шикша	<i>Empetrum nigrum</i>	>1	5
	Черника	<i>Vaccínium myrtillus</i>	5	6
	Сфагнум	<i>Sphagnum palustre</i>	95	2
	Кладония	<i>Cladonia rangiferina</i>	5	2
	Лиственница сибирская	<i>Lárix sibirica</i>	40	1800
	Береза	<i>Betula alba</i>	7	1000
	Береза (подрост)	<i>Betula alba</i>	27	200
Ель (подрост)	<i>Picea sp.</i>	12	130	
Пхт1802				
65°26'46.04"С 73°44'48.81"В	Толочнянка	<i>Arctostáphylos</i>	15	5
	Брусника	<i>Vaccínium vítis-idaéa</i>	>1	5
	Осока	<i>Carex sp.</i>	>1	5
	Шикша	<i>Empetrum nigrum</i>	2	4
	Кладония	<i>Cladonia rangiferina</i>	90	4
	Арктоус	<i>Arctous sp.</i>	1	4
	Лиственница сибирская	<i>Lárix sibirica</i>	1	2000
	Лиственница сибирская	<i>Lárix sibirica</i>	1	600
	Ель	<i>Picea sp.</i>	1	250
	Сосна сибирская	<i>Pinus Sibirican</i>	1	250
	Береза	<i>Betula alba</i>	7	200

Пхт1803 65°32'2.62"С 73°53'30.61"В	Ёрниковая береза	<i>Betula fruticosa</i>	3	40
	Багульник	<i>Lédum palústre</i>	80	30
	Брусника	<i>Vaccínium vítis-idaeá</i>	>1	5
	Карликовая береза	<i>Betula nana</i>	2	40
	Морошка	<i>Rubus chamaemorus</i>	60	7
	Пушица узколистная	<i>Erióphorum angustifólium</i>	3	20
	Сфагнум	<i>Sphagnum palustre</i>	70	3
	Кладония	<i>Cladonia rangiferina</i>	35	2

Характеристика водных объектов

Большинство водных объектов представлены мелкими, до 1 км², болотными озерами (около 30%) с небольшой глубиной (до 1 м) в летний период и промерзающими до дна зимой [Иоффе Ц.И., 1947]. Дно представлено в основном торфянистыми отложениями либо толстым слоем илистых отложений [Ямал: Энциклопедия... 2004]. На территории полигона располагаются 3 сравнительно крупных термокарстовых озера (до 10 км²) средние глубины водоемов около 2 м, максимальные глубины в ряде случаев достигают 2,5 – 3 м. Донные отложения представлены заиленным песком с различной степенью заиления [Кобелев В.О. и др., 2016, Красненко А.С., 2016].

На полигоне располагается множество ручьев и проток, создающих разветвленную гидрографическую сеть, соединённую с рекой Правой Хеттой [Потапова Т.М., 2017]. Скорость течения и глубины этих водотоков незначительны [Красненко А.С. 2017].

На полигоне был отобран ряд качественных и количественных проб донных беспозвоночных, на двух

озерах различного происхождения (1 болотное и 1 термокарстовое) пробы отбирались как в период открытой воды (август – сентябрь), так и по льду (апрель) [Методические указания..., 2009].

Видовой состав донных беспозвоночных сравнительно беден, что может объясняться, как малым количеством проб, так и изначально обедненным видовым составом болотных озера [Неелов Ю.В., 2009, Семенченко В.П., 2004, Степанов Л.Н., 2014, 2017].

Для озера полигона было зарегистрировано 9 таксономических групп макрозообентоса, относящихся к 3 типам и 4 классам.

В составе макрозообентоса озера зарегистрированы личинки хирономид, круглые и малощетинковые черви, пиявки (два вида) на разных станциях отмечалось от 1 до 8 видов и таксонов. Качественные и количественные показатели представлены в табл. 4.

Наибольшее видовое разнообразие имеет класс Insecta – 5 групп (70% от общего числа видов). Олигохеты и нематоды до вида не определялись. Данные группы наиболее распространены, встречаются в 100% проб.

Таблица 4. Качественные и количественные показатели зообентоса озера полигона «Надымский заказник» за 2018 г.

Озеро	Станция	Количество видов (таксонов)	Численность (Экз/м ²)	Биомасса (г/ м ²)	Доминант
Термокарстовое	1	3	50	0,1	Хирономиды
Термокарстовое	2	3	80	0,3	Хирономиды
Термокарстовое	3	4	127	1,2	Хирономиды
Болотное	1	2	40	0,3	Хирономиды
Болотное	2	3	50	0,3	Хирономиды

В зообентосе термокарстового озера определено пять таксонов беспозвоночных из них 3 таксона хирономид, по одному нематод и олигохет. Численность и биомасса невысокие, качественные и количественные показатели являются типичными для данного типа водоемов.

Станции 1 и 2 сравнительно бедны по видовому составу и численности, что может объясняться мощными илистыми отложениями с большим количеством детрита. Станции, находящиеся на противоположном берегу озера, наиболее разнообразны в таксономическом составе, на станциях 3 и 4 встретились личинки ручейников, а также брюхоногие моллюски предположительно рода *Anisus* sp. Данный факт может объясняться наличием слабо заиленного песка на дне.

Видовой состав и численность зообентоса болотных озера сравнительно беден и однообразен,

при этом в пробах численно и по биомассе лидируют личинки хирономид.

Подобная картина: небольшое таксономическое разнообразие, низкая численность и биомасса, доминирование двукрылых и субдоминанты олигохеты характерны для большинства северных болотных водоемов.

Заключение

Проведенное исследование на полигоне «Надымский заказник» показало:

1. Низкое содержание в почвах органического вещества. Почвы полигона представлены в основном торфяными органогенными на заболоченных и кочковатых тундрах (60%), и постлитогенных альфегумусовых на склонах и водоразделах (40%). Кроме того, в пойменных участках и склонах встречаются подзолы, которые приурочены к смешанно-слоистым суглинкам и мономинеральными песками.

2. Растительность полигона сравнительно разнообразна и характерна для экотопов границы северной тайги, лесотундры и части (около 15% территории) тундровой зоны.

3. Гидрография территории представлена большим количеством мелководных водоемов, заболоченных территорий, малых рек (ручьев) и множеством протоков, соединяющих данные объекты в единую сеть в период половодья.

4. Видовой состав и численность донных гидробионтов сравнительно беден и однообразен, при этом в пробах численно и по биомассе лидируют личинки хиро-

номид. Подобная картина: небольшое таксономическое разнообразие, низкая численность и биомасса, доминирование двукрылых и субдоминанты олигохеты характерны для большинства северных болотных водоемов.

По результатам проведенных работ нами было зарегистрировано активного антропогенного воздействия на территорию Надымского заказника, но более длительный мониторинг позволит в дальнейшем более подробно изучить состояние и динамику экосистем, а также опосредовано выявить степень антропогенного воздействия на подобные территории, опираясь на данный полигон как фоновый объект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. География Ямало-Ненецкого автономного округа. 8–9 класс: Учебное пособие. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2001. – 328 с.
2. Иоффе Ц.И., Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Изд. ВНИИОРХ. Т. 25, вып. 1. 1947. С. 113–161.
3. Карта ландшафтов Ямало-Ненецкого автономного округа (1:3500000). В.В. Козин, Атлас ЯНАО, Омск: 2004.
4. Карта почвенного покрова Ямало-Ненецкого автономного округа (1:3500000). Хренов В.Я., Атлас ЯНАО, Омск: 2004.
5. Карта растительного покрова Ямало-Ненецкого автономного округа (1:3500000). Попова Т.В., Вдовюк Л.Н., Атлас ЯНАО, Омск: 2004.
6. Климатическая карта Ямало-Ненецкого автономного округа (1:3500000). Соромотина О.В., Атлас ЯНАО, Омск: 2004.
7. Кобелев В.О., Агбалян Е.В., Красненко А.С., Шинкарук Е.В., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Ерёмкина С.А. Динамика гидрохимических показателей поверхностных вод реки Надым // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10-3. С. 448–452.
8. Красненко А.С. Структура населения макрозообентоса водоемов юга Тюменской области: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Омский государственный педагогический университет. Омск, 2010.
9. Красненко А.С., Кобелев В.О., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Семенюк И.П. Биоиндикационная оценка озер окрестностей города Надым // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2016. № 4 (93). С. 99–102.
10. Красненко А.С., Суппес Н.Е. Экологическая оценка стоячих вод города Ишима методами биоиндикации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1–6. С. 1157–1159.
11. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: МУ утверждены Росрыболовством, приказ № 695 от 4 августа 2009 г.
12. Неелов Ю.В. Проблемы сохранения биоразнообразия Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник РАЕН. 2006. № 1. С. 93–97.
13. ООПТ России [Электронный ресурс] // Надымский заказник: сайт. — URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Надымский> (дата обращения 12.04.2019).
14. Потапова Т.М., Мысина А.С. Геохимический сток рек арктической зоны Западной Сибири // В сборнике: Современные проблемы географии и геологии к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 383–387.
15. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех, 2004. 125 с.
16. Солодовников А.Ю. Современная сеть особо охраняемых природных территорий Тюменской области. Заповедники // Арктика XXI век. Естественные науки. 2014. № 1 (1). С. 9–26.
17. Степанов Л.Н. Зообентос водоёмов и водотоков бассейна реки Яраха (Южный Ямал, Ямало-Ненецкий автономный округ) // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1 С. 116–130.
18. Степанов Л.Н. Зообентос малых рек арктических тундр Ямала // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Материалы II Всероссийской школы-конференции, 18–22 ноября, г. Борок. Ярославль: Филлигрань, 2014.
19. Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири – Новосибирск.: Наука, 2007 – 167 с
20. Ямал: Энциклопедия Ямало-Ненецкого автономного округа: В 3 т. Т.3. Салехард; Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2004. С. 247.
21. Дневник погоды в Надыме (аэропорт) [Электронный ресурс]. Архив погоды на метеостанции URL: [http://rp5.ru/дневник_погоды_в_надыме_\(аэропорт\).html](http://rp5.ru/дневник_погоды_в_надыме_(аэропорт).html) (дата обращения: 14.03.2019).

д.б.н., заведующий научно-исследовательским сектором
эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79224635909, agbelena@yandex.ru

научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79222830222, elena1608197@yandex.ru

научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,
+79615572567, popova-nadya@yandex.ru

заместитель главного врача ГБУЗ ЯНАО Яр-Салинская
центральная районная больница,
+73499630545, muscrb@mail.ru

E.V. Agbalyan, E.V. Shinkaruk, T.L. Popova, Y.I. Maksimenko

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА ПО МАТЕРИАЛАМ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД (ВОЛОСЫ) НАСЕЛЕНИЯ

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL SITUATION IN THE TERRITORY OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT BASED ON THE ELEMENTAL ANALYSIS OF BIOLOGICAL MEDIA (HAIR) OF THE POPULATION

Аннотация. Активная миграция техногенных веществ обусловила формирование нового химического элементного состава вещества биосферы. Целью исследования является изучение элементного состава биологических сред населения и оценка эколого-геохимической обстановки на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Изучены 174 образца волос жителей автономного округа, проживающих в разных районах, на содержание 42 химических элементов. Выявлены специфические элементы накопления относительно кларка ноосферы: Au, Bi, Hg, Ag, Zn, Se. Аккумуляция элементов связана как с техногенными, так и с природными факторами.

Abstract. Active migration of technogenic substances led to the formation of a new chemical elemental composition of the biosphere substance. The aim of the research is to study the elemental composition of biological media of the population and the assessment of the ecological and geochemical situation in the Yamal-Nenets Autonomous District. 174 hair samples of residents of the autonomous district, living in different areas were studied for the content of 42 chemical elements. The specific elements of accumulation with respect to the clark of the noosphere were identified: Au, Bi, Hg, Ag, Zn, Se. The accumulation of elements is associated with both man-made and natural factors.

Ключевые слова: эколого-геохимическая обстановка, химические элементы, волосы населения, аккумуляция, Ямало-Ненецкий автономный округ.

Keywords: ecological and geochemical situation, chemical elements, population's hair, accumulation, Yamal-Nenets Autonomous District.

Антропогенное воздействие на природную среду и активная миграция техногенных веществ обусловили формирование нового химического элементного состава вещества биосферы. Объем выбросов загрязняющих веществ техногенного происхождения стал соизмерим с масштабами природных процессов миграции и аккумуляции элементов [Вернадский, 1922, 1994].

Научный интерес к изучению элементного химического состава биосубстратов человека объясняется, с одной стороны, недостаточностью фактической информации о региональных и внутрирегиональных биогеохимических особенностях и их влиянии на формирование элементозов у человека, с другой стороны, важностью поиска новых биоиндикаторов качества природной среды [Сае, 1990; Леонова, 2005; Дворецкая и др., 2006; Барановская и др., 2011; Тупиков и др., 2012; Таций, 2013].

В регионе с развитым ресурсодобывающим сектором экономики наблюдается колоссальное перемещение химических элементов, которое меняет геохимическую ситуацию на территории. Исследования биосубстратов (волос) населения как индикаторов состояния природной среды и оценки её загрязнения в этой связи представляются актуальными. Нефтегазодобывающий комплекс оказывает непосредственное воздействие на все компоненты окружающей среды. Поисковое бурение, строительство и эксплуатация нефте- и газодобывающих скважин, шламовые амбары, загрязнения буровыми растворами и нефтепродуктами, высокоминерализованные пластовые и сточные воды представляют опасность для арктических экосистем [Гридин и др., 2007; Шарова, 2009].

Цель исследования: изучить элементный состав биологических сред населения и дать оценку эколого-геохимической обстановки на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

Материалы и методы

Проведен скрининг содержания химических элементов в волосах у жителей п. Тазовского Тазовского района, п. Харсаима Приуральяского района, пп. Панаевска и Салемала Ямальского района, у коренных жителей, ведущих кочевой образ жизни на территории Гыданского полуострова (Гыданская, Антипаютинская и Находкинская тундры) и на территории Ямальского полуострова (Ямальская тундра), у жителей города Надыма. Выборка составила 174 человека, из которых 39 – жители пос. Тазовского, 22 – жителей пос. Харсаима, 15 – коренные жители, ведущие кочевой образ жизни в Тазовском районе, 15 – жители Ямальского района, 83 – жители города Надыма (рис. 1).

Отбор проб волос для анализа проводился в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [Elementanalysis..., 1980]. Количественное определение химических элементов осуществлялось в сертифицированной лаборатории методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-МС) и системой пробоподготовки, основанной на микроволновом разложении. При взятии образцов фиксировался пол, возраст, адрес проживания, наличие патологии и хронических заболеваний. Каждый обследованный житель заполнял информированное добровольное согласие, анкету участника исследования. Проводилось интервьюирование населения для идентификации потенциальных источников поступления поллютантов в организм с включением перечня производственных, жилищных, бытовых и пищевых источников. Для проведения опроса использовался стандартный опросник, адаптированный к условиям округа.

Статистический анализ проведен с использованием программы Statistica v. 8.0 и включал описание средних арифметических значений (M) и стандартных отклонений (SD), критерий Манна-Уитни. При $p < 0,05$ различия оценивались как статистически значимые.

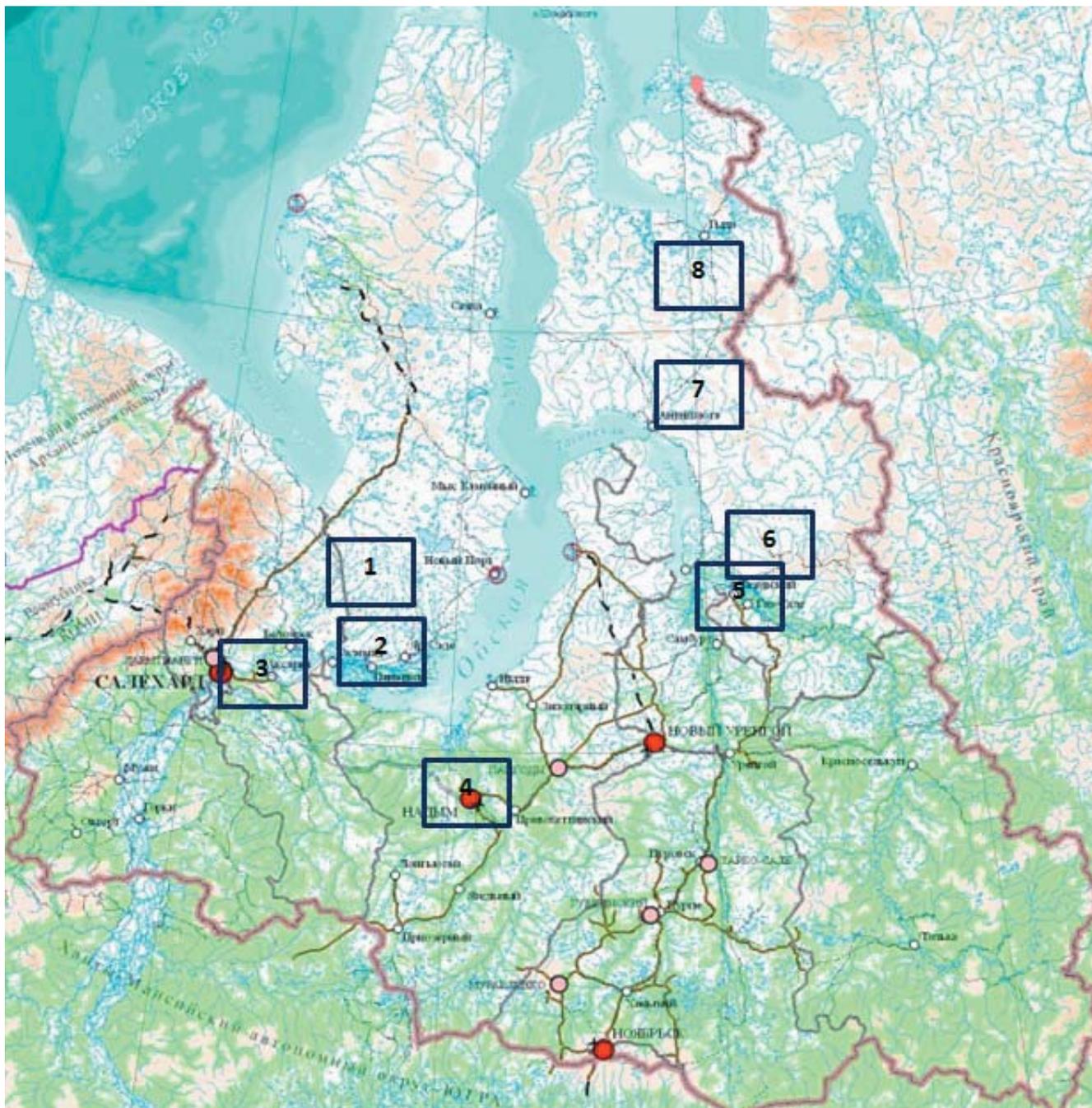


Рис. 1. География биогеохимических исследований. 1 – Ямальская тундра Ямальского района, 2 – пос. Панаевск Ямальского района, 3 – пос. Харсаим Приуральяского района, 4 – город Надым Надымского района, 5 – пос. Тазовский Тазовского района, 6 – Находкинская тундра Тазовского района, 7 – Антипаутинская тундра Тазовского района, 8 – Гыданская тундра Тазовского района

Результаты и обсуждение

Проводилось определение элементного состава биологических проб населения по 42 химическим элементам. По уровню концентрирования элементов можно выделить шесть групп:

1. Группа химических элементов, концентрации которых в биологических средах (волосы) выше 500мкг/г: Са, Na.
2. Содержания элементов находятся в интервале от 100 мкг/г до 500 мкг/г: К, Mg, Zn.
3. Содержания элементов в диапазоне от 10 мкг/г до 100 мкг/г: Si, Cu, Fe.

4. В диапазоне от 1 мкг/г до 10 мкг/г: Mn, Sr, Ba, Al.
5. Группа элементов с концентрациями от 0,1 мкг/г до 1 мкг/г: Cr, Se, I, Sn, B, Ni, Ti, Ag, Rb, Tl, Au, Bi, Zr, U, Pb, Hg.
6. Группа элементов с концентрациями менее 0,1мкг/г: Mo, Co, As, Li, V, Sb, W, Pt, Ga, Ge, La, Be, Cd.

Содержания химических элементов в волосах жителей, проживающих в разных районах автономного округа, представлены в табл. 1. Нормирование элементов проведено относительно кларка ноосферы. Построены геохимические ряды накопления элементов для каждой изученной территории.

Таблица 1. Средние значения концентраций (и стандартные отклонения) химических элементов в волосах населения Ямало-Ненецкого автономного округа (мкг/г)

Элемент	ЯНО (фон) n=83	п. Тазовский n=39	Гыданский п-ов (тундра) n=15	п. Харсаим n=22	Ямальский район n=15	г. Надым n=83	Кларк ноосферы ^о
Ag	0,29±1,02	0,37±1,28	0,04±0,03*	0,25±0,9	0,13±0,19	0,84±2,14	0,05
Al	9,2±10,5	11,48±13,43	8,35±7,61	7,3±6,7	9,79±6,41	5,21±4,84	-
As	0,04±0,03	0,03±0,02*	0,05±0,03	0,03±0,02	0,034±0,028	0,039±0,057	3
Au	0,08±0,14	0,09±0,17	0,01±0,01**	0,09±0,12	0,26±0,89	0,276±0,464	0,00069
B	0,83±0,74	0,78±0,71	1,20±0,96	0,56±0,5*	0,49±0,43	0,65±0,66	50
Ba	1,02±0,93	0,96±1,08	0,9±0,85	1,10±0,76	2,20±2,92	1,15±0,99	36
Be	0,0006±0,0005	0,0005±0,0004	0,0006±0,0005	0,0004±0,0003*	0,00097±0,0005	0,002±0,001	1
Bi	0,55±3,36	1,14±4,87	0,02±0,03	0,03±0,08	0,083±0,189	0,161±0,458	0,0064
Ca	769±63	859±899	403±235**	757±584	1529±2122	878±807	-
Cd	0,062±0,12	0,04±0,04	0,05±0,06	0,06±0,1	0,044±0,046	0,078±0,210	0,16
Co	0,06±0,07	0,08±0,09	0,02±0,02**	0,05±0,05	0,17±0,45	0,03±0,09	22
Cr	0,14±0,10	0,15±0,11	0,13±0,10	0,10±0,06*	0,48±0,59	0,17±0,13	50
Cu	12,5±11,0	14,0±15,8	9,7±1,5*	11,2±2,1	9,9±3,9	14,5±26,9	45
Fe	75,1±43,1	119,8±95,2*	47,7±7,1	29,2±20*	25,6±17,6	27,3±18,4	-
Ga	0,003±0,003	0,003±0,003	0,002±0,001*	0,004±0,003	0,004±0,002	0,004±0,003	17
Ge	0,006±0,004	0,005±0,004	0,004±0,001*	0,007±0,004	0,008±0,004	0,008±0,007	1,1
Hg	1,7±1,53	1,27±0,86*	2,32±1,37	2,43±2,20	2,19±1,55	0,66±0,79	0,18
I	1,34±2,19	1,57±2,75	1,17±1,05	1,01±0,9	1,98±3,647	0,78±0,94	-
K	635±894	544±856	1314±1263*	378±439	389±608	333±396	-
La	0,01±0,01	0,01±0,018	0,01±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02±0,07	12
Li	0,04±0,06	0,03±0,06	0,07±0,11	0,03±0,02	0,032±0,028	0,035±0,052	19
Mg	101,3±115,4	121,7±141,2	54,5±37,7*	80,4±68,2	171,2±262,8	143,2±182,7	-
Mn	9,7±14,6	15,7±18,6	7,5±8,6	1,5±1,4***	5,5±6,9	4,6±5,7	440
Mo	0,023±0,015	0,02±0,02	0,02±0,01	0,02±0,008	0,02±0,01	0,03±0,01	1,1
Na	1070±1686	854±1446	1623±1964	1260±2066	914±1668	470±1043	-
Ni	0,27±0,29	0,25±0,17	0,22±0,21	0,30±0,40	0,40±0,50	0,38±0,44	10
P	179,7±25,9	184,5±23,9	186,9±28,21	167,4±25,1*	199,7±30,2	145,8±49,6	500
Pb	1,14±,87	0,46±0,45**	1,35±1,48	2,12±3,0	0,88±1,32	0,77±1,49	12
Pt	0,0003±0,0006	0,0003±0,0008	0,0001±0,0002*	0,0003±0,0003	0,0002±0,0003	0,0005±0,001	0,13
Rb	0,74±1,19	0,67±1,23	1,50±1,60	0,40±0,46*	0,38±0,64	0,27±0,40	96
Sb	0,034±0,028	0,03±0,02	0,05±0,04	0,03±0,02	0,028±0,016	0,038±0,059	0,25
Se	0,46±0,09	0,48±0,09	0,51±0,07*	0,42±0,06*	0,49±0,33	0,68±1,84	0,28
Si	22,82±9,83	22,90±9,15	19,15±7,28	24,7±12,2	19,90±8,52	13,09±11,38	-
Sn	0,39±0,91	0,35±0,47	0,16±0,18*	0,30±0,34	1,75±3,37	0,38±0,52	4,9
Sr	2,4±2,9	2,31±2,90	0,95±0,90**	3,01±3,30	7,91±13,34	3,51±3,94	240
Tl	0,77±0,73	0,53±0,64	1,58±0,77**	0,70±0,60	1,26±1,65	0,42±0,44	0,79
V	0,07±,05	0,06±0,05	0,06±0,05	0,10±0,06*	0,05±0,02	0,02±0,02	70
W	0,004±0,004	0,003±0,003	0,005±0,009	0,003±0,002	0,011±0,014	0,004±0,006	1,3
Zn	180,6±83,8	187,2±75,5	136,4±38,0**	203,5±117,6	235,7±93,2	171,3±70,0	46
Zr	0,13±0,35	0,10±0,11	0,29±0,78	0,10±0,16	0,04±0,02	0,34±0,86	12

Примечание: * – p<0,05; ** – p<,01; *** – p<0,001, ° Кларк ноосферы по М.А. и Н.Ф. Глазовским, 1988.

Все исследованные образцы волос населения характеризуются накоплением золота. Самые высокие концентрации золота наблюдаются в биосубстратах жителей города Надыма (коэффициент концентрации равен 399). Возможно, это связано с заниженным кларком ноосферы для золота [Барановская, 2011]. Au может попадать в окружающую среду в результате горения факелов на нефтегазовых месторождениях. Известно, что бромидные соединения золота являются летучими соединениями [Барановская и др., 2011].

Таблица 2. Геохимические ряды накопления элементов в волосах жителей Ямало-Ненецкого автономного округа

Поселок Тазовский, Тазовский район	$Au_{135.1} - Bi_{17.8} - Ag_{7.4} - Hg_{7.1} - Zn_{4.1} - Se_{1.7} - Tl_{0.9} - P_{0.4} - Cu_{0.3} - Cd_{0.2} - Sn_{0.1} - Sb_{0.1}$
Антипаютинская, Находкинская, Гыданская тундра, Тазовский район	$Au_{19.4} - Hg_{12.9} - Bi_{4.4} - Zn_{3.0} - Tl_{2.0} - Se_{1.8} - Ag_{0.9} - Cd_{0.4} - P_{0.4} - Cu_{0.2} - Sb_{0.2} - Pb_{0.1}$
Поселок Харсаим, Приуральский район	$Au_{129.5} - Hg_{13.5} - Bi_6 - Ag_{5.0} - Zn_{4.4} - Se_{1.5} - Tl_{0.9} - Cd_{0.4} - P_{0.3} - Pb_{0.2} - Cu_{0.2} - Sn_{0.1} - Sb_{0.1}$
Поселок Панаевск, поселок Салемал, Яр-Салинская тундра, Ямальский район	$Au_{379.3} - Bi_{13.0} - Hg_{12.2} - Zn_{5.1} - Ag_{2.7} - Se_{1.8} - Tl_{1.6} - P_{0.4} - Sn_{0.4} - Ba_{0.1} - Pb_{0.1} - Sb_{0.1} - Y_{0.1}$
Город Надым, Надымский район	$Au_{399.3} - Bi_{25.1} - Ag_{16.8} - Hg_{3.7} - Zn_{3.7} - Se_{2.4} - Cd_{0.5} - Tl_{0.5} - P_{0.3} - Cu_{0.3} - Y_{0.3} - Sb_{0.2} - Sn_{0.1} - Pb_{0.1}$

Элементный состав волос жителей автономного округа отличается высоким уровнем накопления висмута и ртути. Максимальные содержания висмута обнаружены в волосах жителей поселка Тазовский. Висмут относится к редким элементам с повышенной токсичностью и является характерным элементом техногенеза. Многие исследователи отмечают повышенное содержание висмута в компонентах окружающей среды. Активному распространению висмута способствует горнодобывающая промышленность, металлургическое производство и использование в фармацевтике [Miltanietal., 2016; Tiekink, 2002].

Концентрации ртути в волосах жителей поселка Харсаим и жителей, ведущих традиционный, кочевой образ жизни на территориях Ямальского и Гыданского полуостровов, имеют максимальное значение. Ртуть встречается повсюду. Hg в виде метилртути и диметилртути мигрирует по пищевой цепи и поступает в организм человека. Ртуть способна вызывать неврологические дегенеративные процессы [Ефимова Н.В. и др., 2007; Sheehan, 2014; Малов и др., 2014; Горбачев, 2016].

Для всех исследованных территорий выявлен один спектр химических элементов: Au, Bi, Hg, Ag, Zn, Se. Специфическим элементом накопления является Tl, который обнаруживается на территориях Ямальского и Гыданского полуостровов. Коэффициенты концентрации таллия составляют 2,0 и 1,6. Природные источники таллия могут быть представлены минералами крукезита – $(Cu, Tl, Ag)_2 Se$ и утчинсонита – $(Cu, Ag, Tl)_2 S \cdot PbS \cdot 2As_2 S_2$ [Бетехтин, 1951].

К возможным техногенным источникам биоаккумулирующих элементов относятся разведка и добыча полезных ископаемых, которые оказывают прямое или косвенное воздействие на объекты природной среды. Фактором, инициирующим, негативные процессы в состоянии окружающей среды и способствующим геохимическому преобразованию геологической

среды, является применение в буровых и цементных растворах химических реагентов [Гридин, 2007]. Известно, что висмут, ртуть, серебро, цинк и таллий содержатся в буровых растворах в концентрациях значительно превышающих гигиенический норматив для воды. Возможна транслокация элементов из почвы в воду, накопление в растениях, в сельскохозяйственных животных и в организме человека. Кроме того, буровые растворы могут содержать нефтепродукты, соли, кислоты, щелочи, диспергированную глину, полимеры, полиакриламиды, поверхностно активные вещества, метанол, фенолы, ацетон, графит. При комбинированном действии всего спектра химических веществ буровых растворов может усиливаться токсический эффект на организм в сравнении с таковым при действии отдельных веществ [Жолдакова, 2015].

Экологическую проблему представляет процесс утилизации отработанных буровых растворов и шламов. Отработанные буровые растворы и буровые шламы хранятся в земляных (шламовых) амбарах, складируются в шламохранилищах или на полигонах захоронения отходов. По некоторым данным, в Сибири за год из амбаров в объекты окружающей поступает до 2667 м³ жидких отходов, содержащих 10% используемых реагентов [Шарова, 2009].

Для выявления внутрирегиональной специфики накопления химических элементов в волосах жителей автономного округа, проживающих на разных территориях, проведен анализ коэффициентов концентрации относительно регионального фона. За геохимический фон приняты значения средне-региональных концентраций химических элементов в волосах жителей автономного округа. Образцы волос жителей, ведущих кочевой образ жизни на Гыданском полуострове характеризуются накоплением $Tl_{2.1} - Zr_{2.1} - Ru_{2.1} - K_{2.1} - Li_{1.7} - B_{1.5} - Na_{1.5} - Sb_{1.5} - W_{1.5} - As_{1.4} - Hg_{1.4} - Pb_{1.2} - Be_{1.1} - Se_{1.1}$ (рис. 2). Количественные связи между концентрациями элементов геохимического ряда, определенные методом корреляции, позволили

выявить геохимические ассоциации. У жителей Гыданского полуострова выявлено две ассоциации: $Tl - Ru - K - Li - Na - Pb - Se$ и $Zr - W - As - Hg - Be$.

Геохимическая специфика содержания элементов в волосах жителей Ямальского района – $Sn_{3,3} - Au_{3,3} - Co_{2,9} - W_{2,8} - Ba_{2,2} - Ca_{2,0} - Mg_{1,7} - Tl_{1,6} - Be_{1,6} - I_{1,5} - Ga_{1,4} - Ge_{1,3} - Hg_{1,3} - Zn_{1,3} - La_{1,2} - P_{1,1} - Se_{1,1} - Al_{1,1}$.

Спектр элементов накопления в Ямальском районе наиболее широкий и интенсивность накопления более выраженная. Хозяйственная деятельность на территории Ямальского района связана, главным образом с развитием аграрного сектора экономики и интенсивным промышленным освоением месторождений угле-водородов.

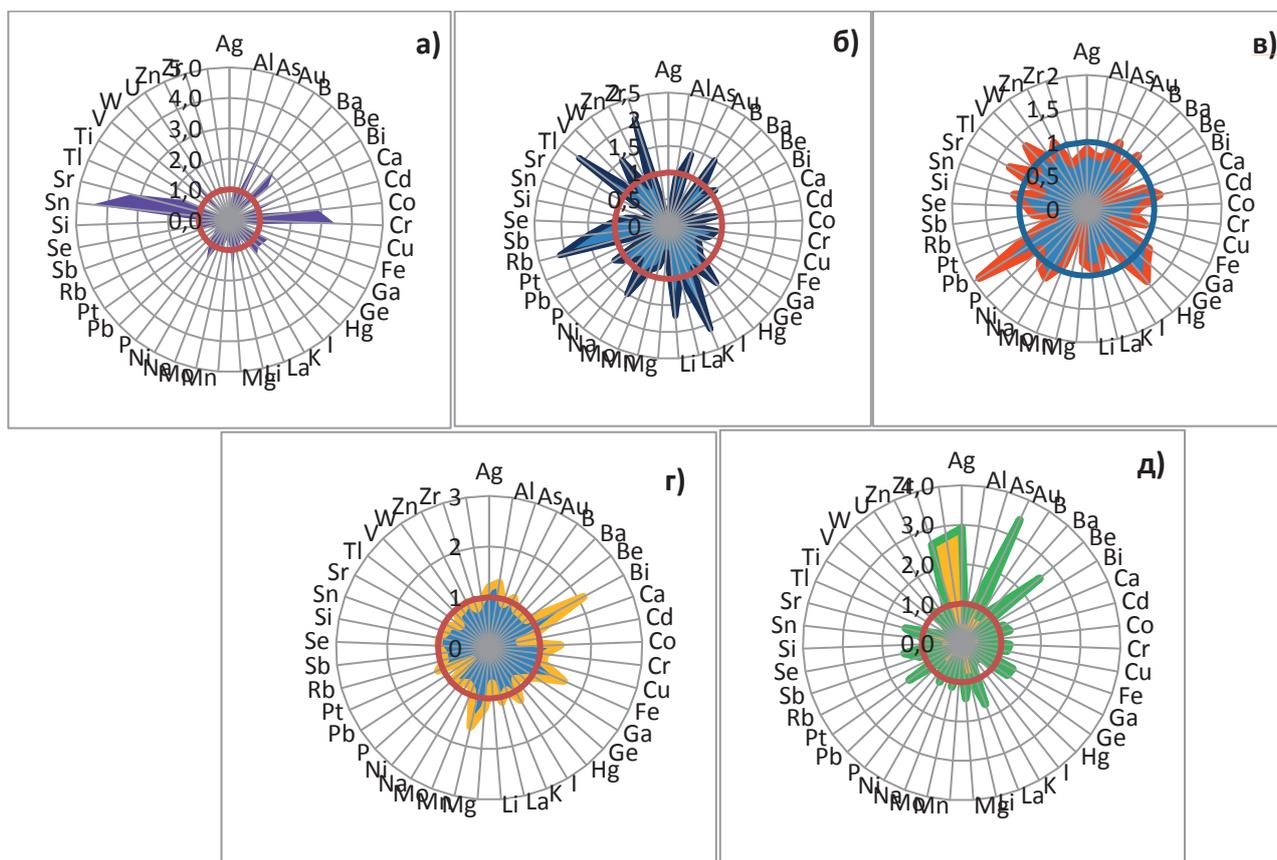


Рис. 2. Коэффициенты концентрации элементов в волосах жителей, ведущих традиционный, кочевой образ жизни в тундре Ямальского (а) и Гыданского (б) полуостровов, пос. Харсаим (в), пос. Тазовского (г), г. Надыма (д) относительно регионального фона

Отличительной особенностью геохимических характеристик волос жителей пос. Тазовского является накопление $Bi_{2,1} - Fe_{1,6} - Mn_{1,6} - Co_{1,4} - Al_{1,3} - Ag_{1,2} - I_{1,2} - Mg_{1,2} - Au_{1,1} - Ca_{1,1} - Cr_{1,1} - Cu_{1,1} - Ga_{1,1} - La_{1,1} - Pt_{1,1}$. Геохимические ассоциации в Тазовском представлены тремя группами элементов: $Bi - Ag - Pt$; $Mn - Co - Mg - Ca - Ga$ и $Co - Al_{1,3} - Ca - Ga$. Тазовский район – территория перспективного развития ТЭК.

Специфические геохимические особенности состава волос жителей пос. Харсаима проявлялись в бионакоплении $Pb_{1,9} - Hg_{1,4} - Sr_{1,3} - V_{1,3} - Ge_{1,2} - Na_{1,2} - Au_{1,1} - Ba_{1,1} - Cd_{1,1} - Ga_{1,1} - Ni_{1,1} - Si_{1,1} - Zn_{1,1}$. В Харсаиме установлена ассоциация элементов $Pb - Hg - V - Na - Cd - Ga - Ni$. Харсаим – типичный рыбацкий поселок в Приуральском районе. Приуральский район богат рудными и нерудными полезными ископаемыми, среди которых хромовая, железная и марганцевая руды, руды

цветных, благородных и редких металлов [Бетехтин, 1951].

Образцы волос городского населения аккумулируют химические элементы – $Au_{3,4} - Ag_{2,8} - Be_{2,6} - Zr_{2,5} - La_{1,5} - Sr_{1,5} - Mg_{1,4} - Ge_{1,4} - Pt_{1,4} - Se_{1,4} - Cd_{1,3} - Ga_{1,2} - Cr_{1,2} - Cu_{1,2} - Ba_{1,1} - Ca_{1,1} - Mo_{1,1} - Ni_{1,1} - W_{1,1}$. В городе Надыме отсутствуют промышленные предприятия. Источниками негативного воздействия на окружающую среду являются свалки ТБО, транспорт, очистные сооружения.

Выводы. Гетерогенность химического состава среды обитания человека, обусловленная геохимическими особенностями и факторами техногенеза и выявленная на основе исследований содержаний химических элементов в биологических средах (волосах) населения, оказывает влияние на показатели здоровья населения.

Существуют пороговые концентрации химических элементов в биологических средах человека, в пределах которых организм способен регулировать процессы метаболизма; отклонения от пороговых концентраций приводят к срыву регулирующих процессов: дисфункции и биохимическим изменениям обмена веществ, морфологическим изменениям и эндемическим заболеваниям. Антропогенные изменения естественного соотношения химических элементов в организме человека имеют характер стресс-фактора, стремящегося вывести биологическую систему из эволюционно закрепленного равновесия [Ефимова Н.В. и др., 2007; Sheehan, 2014; Малов и др., 2014; Горбачев, 2016].

В ходе проведенного исследования выявлены специфические элементы накопления для населения

Ямало-Ненецкого автономного округа относительно кларка ноосферы: Au, Bi, Hg, Ag, Zn, Se. Аккумуляция элементов связана как с техногенными, так и с природными факторами.

Дана оценка среднего содержания химических элементов в волосах жителей Ямало-Ненецкого автономного округа и установлены региональные фоновые показатели.

Выявлена территория максимальной техногенной трансформации – Ямальский район.

Установлены повышенные концентрации ртути в волосах населения п. Харсаима и жителей, ведущих традиционный образ жизни на территориях Ямальского и Гыданского полуостровов (Ямальская, Гыданская, Антипаютинская и Находкинская тундра).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность департаменту по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа за содействие в организации и проведении исследования, медицинским сёстрам Шкварчук Людмиле Васильевне и Дамавичене Нине Николаевне за помощь в исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

- Multani R.S., Feldmann T., Demopoulos G.P. Antimony in the metallurgical industry: a review of its chemistry and environmental stabilization options // Hydrometallurgy. 2016. V. 164. P. 141–153.
- Sheehan M.C., Burke T.A., Navas-Acien A., Breyse P.N., McGready J., Fox M.A. Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. Bull World Health Organ 2014; 92:254–269 (doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.12.116152>).
- Tiekink E.R.T. Antimony and bismuth compounds in oncology // Critical Reviews in Oncology // Hematology. 2002. V. 42. P. 217 – 224.
- Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Томск, 2011. – 46 с.
- Барановская Н.В., Швецова Д.В., Судыко А.Ф. Региональная специфика элементного состава волос детей, проживающих на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 1. С. 212–220.
- Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – Гос. изд-во геологической литературы, Москва, 1951. 542 с.
- Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. 672 с.
- Вернадский В.И. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры / В.И. Вернадский. Петроград: Время, 1922. – 48 с.
- Горбачев А.Л. Ртуть как приоритетный загрязнитель окружающей среды: уровень ртути и других токсичных элементов в организме аборигенных жителей Северо-Востока России // Микроэлементы в медицине. 2016. № 17 (2). С. 3–9.
- Гридин В.И. Опасные геодинамические процессы и аварийность буровых работ / В.И. Гридин, А.Н. Лапоухов // Бурение и нефть. 2007. № 12. С. 18–20.
- Дворецкая Ю.Б. Выявление ассоциаций химических элементов в цепи «источник загрязнения–техногенный поток–депонирующая среда» на примере Ачинской городской агломерации // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф. Решетнева. 2006. № 5. С. 72–77.
- Ефимова Н.В., Лисецкая Л.Г. Содержание ртути в биосубстратах населения Иркутской области // Токсикологический вестник. 2007. № 3. С. 11–15.
- Жолдакова З.И., Беляева Н.И. Опасность загрязнения водных объектов при нефтедобыче. Гигиена и санитария. 2015. № 1. С. 28–31.
- Леонова Г.А., Аношин Г.Н., Бычинский В.А. Биогеохимические проблемы антропогенной химической трансформации водных экосистем // Геохимия. Изд-во: «Наука», 2005. № 2. С. 182–196.
- Малов А.М., Сибиряков В.К., Муковский И.А., Семенов Е.В. Ртуть как фактор риска для здоровья человека // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том. 16. № 5 (2), 2014. С. 907–910.
- Сает Ю.Е. Геохимия окружающей среды // Ю.Е. Саёт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
- Таций Ю.Г. О возможности использования волос в качестве биоиндикатора загрязнения окружающей среды ртутью // Вестник ТюмГУ. 2013. № 12. С. 158–164.
- Тупиков В.А., Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации // Вестник ЮУрГУ. № 21. 2012. С. 119–122.
- Шарова О.А. Экологические аспекты процесса бурения и способы утилизации буровых отходов // Геология, география и глобальная энергия. 2009. № 4 (35). С. 29–36.

УДК 528.873:614.841
DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.005

Московченко Дмитрий Валерьевич
ФИЦ Тюменский Научный Центр СО РАН Институт
проблем освоения Севера,
зав. сектором геоэкологии, д.г.н.,
г. Тюмень, ул. Моторостроителей, 4а-148.
8(3452)37-62-81, e-mail: moskovchenko1965@gmail.com

Московченко Михаил Дмитриевич
Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле
г. Тюмень, ул. Монтажников, 19а-16,
+7 9220493597, e-mail: moskovchenkoMD@yandex.ru

Тигеев Александр Анатольевич
ФИЦ Тюменский Научный Центр СО РАН,
Институт проблем освоения Севера, с.н.с., к.г.н.,
г. Тюмень, ул. Широтная, 185-40.
+7 9222609743, e-mail: ttrruubba@mail.ru

D.V. Moskovchenko, M.D. Moskovchenko, A.A. Tigeev

ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

ASSESSMENT OF WILDFIRES AREA IN THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT USING REMOTE SENSING DATA

Аннотация. В результате дешифрирования космоснимков Landsat и Sentinel выявлено, что нарушенные пожарами экосистемы занимают 12,5 тыс. км², или 1,7% территории Ямало-Ненецкого автономного округа. К категории катастрофических природных пожаров (площадь более 2000 га) относятся 88 выделенных участков. Чаще всего пожары происходят в лесотундре (3,5% от площади зоны) из-за широкого распространения хорошо дренируемых песчаных и супесчаных почвообразующих пород. Вследствие пожаров теряется возможность выпаса в холодный период года около 86 тыс. оленей (более 10% от всего поголовья в ЯНАО).

Abstract. Landsat and Sentinel space images were used to assess the area of ecosystems damaged by wildfires. It is revealed that 1,7% (or about 12500 km²) of the Yamal-Nenets Autonomous District was disturbed by wildfires. The category of catastrophic wildfires (area of more than 2000 hectares) includes 88 designated sites. Most often fires occur in the forest tundra (3,5% of the area) due to the wide distribution of well-drained sandy and sandy loam soils. The wildfires reduce the possibility of grazing for 86 thousand reindeer during the cold season (more than 10% of the total reindeer population in the Yamal-Nenets Autonomous District).

Ключевые слова: природные пожары, ЯНАО, космоснимки, нарушения, потери пастбищ.

Keywords: wildfires, Yamal-Nenets Autonomous District, satellite imagery, disturbances, pasture losses.

Климатические изменения последних десятилетий усиливают угрозу возникновения тундровых и лесных пожаров. На территории ЯНАО проблема нарушения экосистем под влиянием пирогенного воздействия стоит весьма остро. В среднем за период 2011–2016 гг., здесь ежегодно возникало 382 природных пожара [Доклад..., 2016, с. 38]. На Уренгойском месторождении за период 1978 – 2001 гг. 24% территории было нарушено пожарами [Корниенко, 2009, с. 86].

Пожары уничтожают растительный покров, тем самым уменьшая его ресурсную ценность. Наибольший ущерб наносят пожары, уничтожая оленьи пастбища. Восстановление поврежденной огнем растительности может затянуться на несколько десятилетий. Так, нарушенные ягельники не восстанавливаются даже за 30–40 лет [Антропогенные..., 2005, с. 81].

Другой формой трансформации является изменение физических характеристик биотопов. Влияние пожаров проявляется как в форме прямого термического воздействия при горении растительности, почвенной подстилки и торфа, так и в результате падения альбедо поверхности, что вызывает рост притока тепла в почву. После пожаров существенно увеличивается глубина сезонного протаивания грунтов, что может вызвать активизацию экзогенных процессов – термоэрозии, солифлюкции, пучения. Отмечалось, что пожары в тундрах Аляски являются причиной драматических изменений растительного покрова и экосистем в целом [Brett-Harte et al., 2013]. Существуют прогнозы, что послепожарное таяние многолетнемерзлых грунтов и последующая аридизация ландшафтов будут вести к деградации и гибели лесов, к распространению «зеленого опустынивания» [Швиденко и др., 2011, с. 545]. Таким образом, природные пожары представляют большую экологическую опасность. Однако их распространение и наносимый ущерб исследованы слабо. Целью представленной работы была инвентаризация пожаров на территории ЯНАО и подсчет потерь пастбищных ресурсов

Материалы и методы

Чтобы оценить потери пастбищных ресурсов ЯНАО от природных пожаров, нами было проведено определение площади гарей, после чего был вычислен урон оленеемкости. Определение распространения и площади пожаров проведено с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) – космоснимков высокого разрешения. Использование ДДЗ для определения площади гарей и иных нарушений ландшафтов в настоящее время получило всеобщее распространение (Воробьев О.Н., Курбанов Э.А., 2017, с. 85). В качестве материала для картирования гарей использовались мультиспектральные спутниковые снимки Landsat (сенсоры TM и EMS+) с пространственным разрешением 30 м, сделанные в летний период 2016–2017 гг. и размещенные в открытом доступе (landsatlook.usgs.gov). Были выбраны снимки с минимальной облачностью (<10%) и прошедшие первоначальную обработку (радиометрическая

коррекция, географическая привязка). Выделение гарей было проведено в программном комплексе ENVI-5.2 методом классификации с обучением по алгоритму «максимального правдоподобия». В качестве «обучающих» эталонных полигонов были выбраны участки, обследованные в ходе полевых работ в июле-августе 2018 г. на территории Тазовского и Надымского районов. Эталонные полигоны представляли собой обширные гари с полностью нарушенным растительным покровом, сформировавшиеся на участках пожаров возрастом 2–5 лет. В дальнейшем в качестве «обучающих» полигонов на космоснимках выбирали участки со сходными спектральными характеристиками. Для уточнения принадлежности выбранного полигона к гарям и горельникам и определения давности пожара использовались разновременные снимки за период 1999–2017 гг.

При обработке на предварительном этапе для каждого изображения формировали маску из пикселей, закрывающих участки, не требующие дешифрирования (не горелые). Затем в ходе классификации с обучением выделяли 4 класса поверхности: гари, ненарушенная растительность, водные объекты и пески (включая в этот класс и участки техногенных нарушений). Данные классы обладают хорошей разделимостью по спектральным свойствам, что позволяет достоверно классифицировать типы земной поверхности и выделить участки пожаров. На последнем этапе проводилось сглаживание и объединение пикселей, после чего растровый слой с выделенными полигональными объектами был конвертирован в векторный формат. Дальнейшая работа по анализу распространения гарей была проведена в пакете MapInfo 16.0. Была выполнена верификация выделенных полигонов, удалены ошибочно выделенные гари, на смежных космоснимках проведено объединение гарей, подсчитаны занимаемые ими площади. В результате была получена тематическая карта распространения гарей, после чего была проведена оценка их распространения по географическим зонам, административным районам, типам растительности. На последнем этапе путем совмещения слоя с гарями и карт оленьих пастбищ была выполнена оценка потерь оленеемкости. Для этого для каждого выделенного контура в атрибутивную базу данных было введено значение оленеемкости (зимней и летней), полученной с карты оленьих пастбищ Пуровского и Надымского районов.

Результаты и обсуждение

По данным обработки космоснимков 2016–2017 гг., площадь гарей на территории ЯНАО составила 12 559 км², что составляет около 1,7% от общей площади округа. Самая большая гарь, находящаяся в 60 км к северо-запад от г. Нового Уренгоя, имеет площадь более 1,5 тыс. км². Возникла она в результате серии пожаров в июле 2016 г. К категории «катастрофических» пожаров (площадь более 2000 га) относятся 88 выделенных полигонов, 355 полигонов – к категории «крупных» пожаров (200–2000 га).

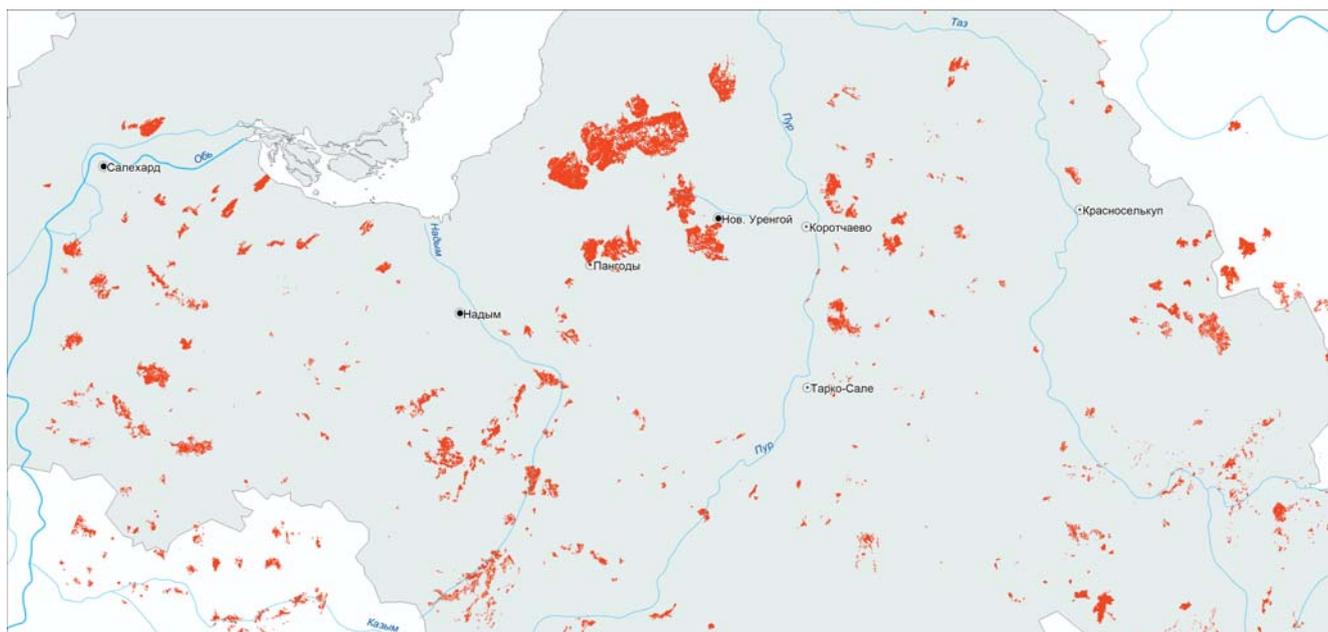


Рис. 1. Картограмма распространения гарей на территории ЯНАО

Наибольшее распространение пожары имеют в Надымском районе, где площадь гарей составила около 4,8 тыс.км², или 4,67% от общей площади района. Обращает на себя внимание отсутствие пожаров в Ямальском районе, что связано с климатическими и геоботаническими особенностями. Расположенный севернее 67° с.ш., Ямальский район отличается

низкими среднегодовыми температурами, преобладанием осадков над испаряемостью, более высокой влажностью воздуха и практически повсеместным переувлажнением почв. Вероятно, отсутствие поврежденных огнем участков является одной из причин того, что этот район является центром оленеводства.



Рис. 2. Распространение гарей по административным районам ЯНАО

По природным зонам распространение выглядит следующим образом (рис. 3). Наибольшая площадь гарей отмечена в северотаежной подзоне, но в процентном отношении чаще всего пожары встречаются в лесотундре (3,53% от площади зоны).

Наибольшее количество пожаров наблюдается на широтном отрезке, где индекс сухости за год приблизительно равен 1, а в качестве литогенной основы ландшафта широко представлены хорошо дренируемые песчаные и супесчаные породы.

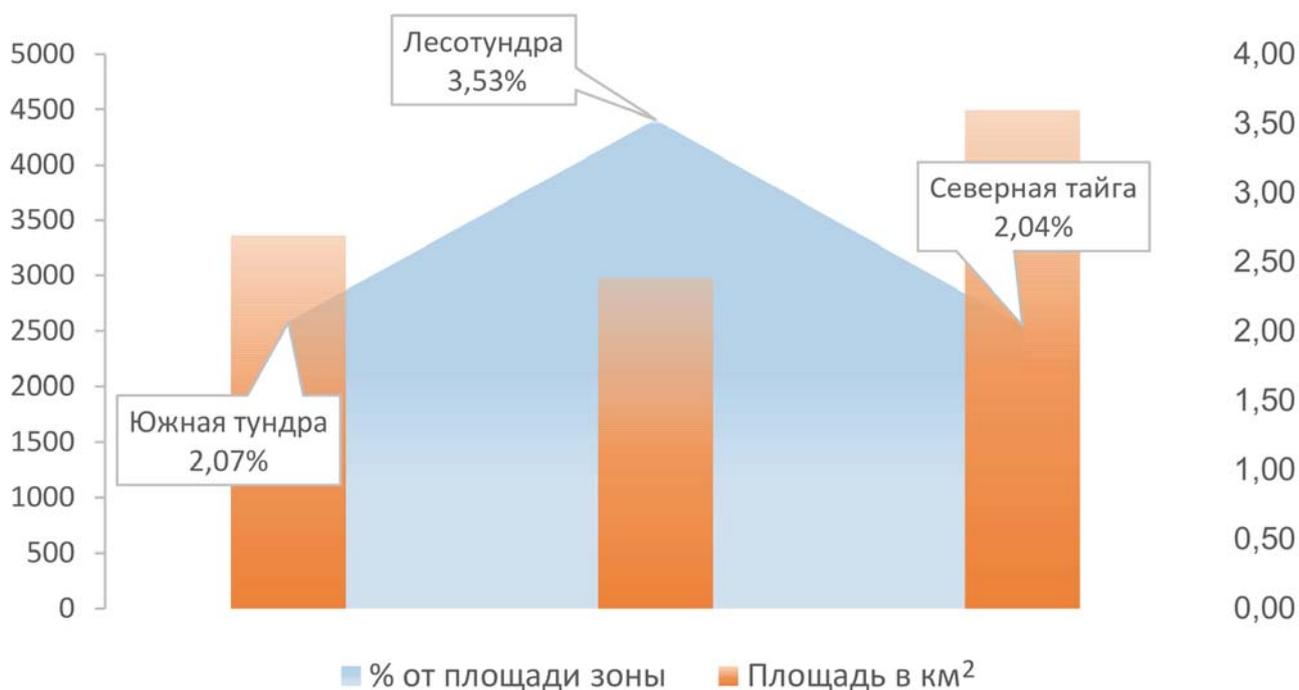


Рис. 3. Распространение гарей по природным зонам

Очевидно, что возникновение и распространение пожаров возможно только после достаточно длительных теплых и засушливых периодов. Известно, что индекс сухости, характеризующий засушливость климата и вычисляемый как отношение испаряемости к осадкам, увеличивается с севера на юг. Однако на территории ЯНАО частота возникновения пожаров не имеет линейной зависимости от широты местности и не увеличивается в таежной зоне, как можно было ожидать. Очевидно, в этом отношении большое значение имеет степень дренированности территории. В таежной зоне, по сравнению с лесотундрой, увеличивается доля

болот в ландшафтной структуре, на плоских водоразделах широкое распространение получают верховые болота, что снижает частоту возникновения пожаров.

Сопоставление карты гарей с картой растительности Западно-Сибирской равнины [Ильина и др., 1985, с.18] показало, что к наиболее горимым относятся кустарничково-лишайниково – моховые тундры, березово-лиственничные и лиственнично – сосновые лишайниковые редкостойные леса, а также болота с господством на буграх кустарничково-зеленомошно-лишайниковых сообществ (рис. 4).



Рис. 4. Растительные сообщества, наиболее подверженные пожарам

1. Ёрниковые и ивняково-ерниковые кустарничково-лишайниково-моховые тундры в сочетании с лиственничными лишайниково-кустарничковыми редколесьями и плоскобугристыми травяно-мохово-лишайниковыми болотами.

2. Лиственнично-сосновые кустарничково-лишайниковые редкостойные леса в сочетании с кустарничково-мохово-лишайниковыми крупнобугристыми болотами.

3. Лиственнично-березовые и елово-березово-лиственничные лишайниковые и зеленомошные редкостойные леса.

4. Ёрnikово-сфагново-лишайниковые на буграх, осоково-сфагновые и пушицево-сфагновые в мочажинах — «ерсеях» плоскобугристые комплексные болота.

5. Лиственничные и елово-лиственничные с примесью кедра и сосны кустарничково-зеленомошно-лишайниковые редкостойные леса, местами в сочетании с кустарничково-мохово-лишайниковыми плоско- и крупнобугристыми болотами.

6. Кустарничково-зеленомошно-лишайниковые на полигонах и валиках и осоково-сфагновые в трещинах и мочажинах трещиновато-полигональные комплексные болота

7. Лиственнично-сосновые лишайниково-зеленомошно-кустарничковые леса в сочетании с сосновыми лишайниковыми лесами.

Таким образом, возникновение пожаров в большинстве случаев происходит в редкостойных предтундровых лесах с кустарничково-лишайниковым покровом, южных кустарничковых лишайниково-моховых тундрах и на плоскобугристых мохово-лишайниковых болотах. Геоботаническим индикатором повышенной пожароопасности является доминирование в структуре растительного покрова синузий эпигейных лишайников.

Гари, как правило, возникают на участках с высокой зимней оленеёмкостью, свойственной хозяйственно-геоботаническим разностям с доминированием в покрове лишайников родов *Cladonia*, *Cladina*, *Cetraria*. Подсчет показал, что на отдельных участках до возникновения пожаров зимняя оленеёмкость достигала величин 55–58 оленедней на гектар. Летняя оленеёмкость не превышала 11 оленедней/га (рис. 5). Средние величины оленеёмкости пастбищ до возникновения гарей составляли зимой 10,2 оленедней/га и 2,1 оленедней/га летом.

Таким образом, в результате пожаров утрачиваются пастбища, потенциальная оленеёмкость которых составляет порядка 15 млн оленедней зимой и 2,0 млн оленедней летом, теряется возможность выпаса в холодный период года около 86 тыс. оленей и 11,4 тыс. – в теплый. Учитывая высокую нагрузку на пастбища ЯНАО, превышающую допустимые показатели, а также их утрату из-за промышленного освоения (Кряжмский и др., 2011, с. 332), послепожарные потери пастбищных ресурсов крайне нежелательны.

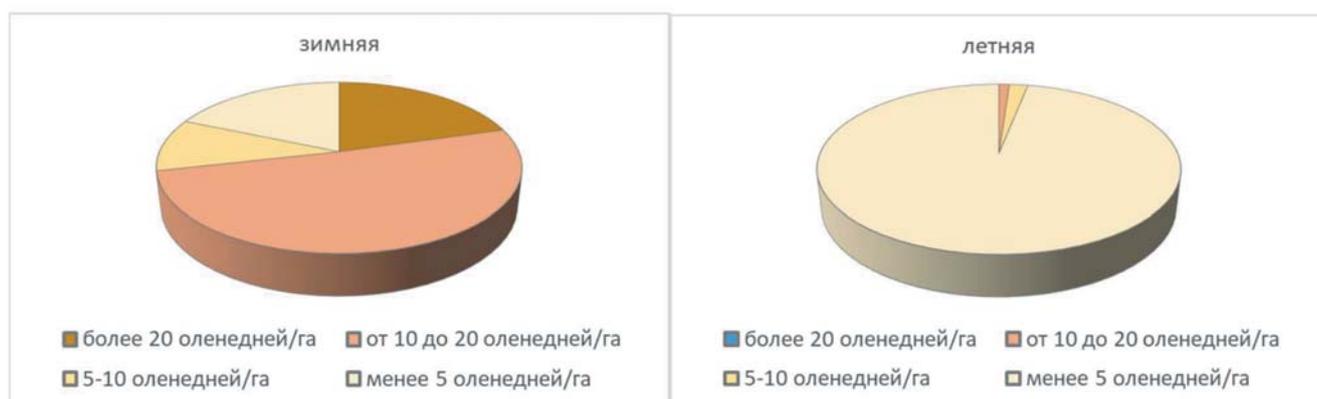


Рис. 5. Диаграмма распределения оленеёмкости участков до возникновения пожаров

Результаты проведенного исследования показывают, что природные пожары в ЯНАО охватывают значительные территории и являются мощным фактором негативного изменения экосистем. Причем влияют они как прямо, уничтожая растительность, так и опосредованно, уменьшая площадь доступных пастбищ и увеличивая нагрузку на неповрежденных участках. Это говорит о необходимости усиления работы по профилактике природных пожаров и борьбы с ними.

Результаты проведенного исследования показывают, что природные пожары в ЯНАО охватывают значительные территории и являются мощным фактором негативного изменения экосистем. Причем влияют они как прямо, уничтожая растительность, так и опосредованно, уменьшая площадь доступных пастбищ и увеличивая нагрузку на неповрежденных участках. Это говорит о необходимости усиления работы по профилактике природных пожаров и борьбы с ними.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-45-890002\18, и по программе проекту фундаментальных исследований СО РАН VI.52.1, проект АААА-А17-117050400146-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции // Под ред. Н.Г. Москаленко. – Тюмень: Изд-во Ин-та криосферы Земли СО РАН, 2005. 357 с.
2. Воробьев О.Н., Курбанов, Э.А. Дистанционный мониторинг восстановительной динамики растительности на горях лесного Марийского Заволжья // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 84–97.
3. Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 году [Электрон. ресурс] // Ямало-Ненецкий автономный округ: официальный сайт органов власти. Салехард, 2016.: сайт. – URL: <http://правительство.янао.рф/region/ecology> дата обращения 12.04.2018).
4. Ильина. И.С., Лапшина Е.И., Лавренко, Н.Н., Мельцер Л.И., Романова Е.А., Богоявленский Б.А., Махно В.Д. Новосибирск.: Наука, 1985. 279 с.
5. Корниенко С.Г. Оценка влияния разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения на состояние территории лесотундры по данным ИСЗ Landsat // Исследование Земли из космоса, 2009, № 4. С. 78–87.
6. Кряжимский Ф.В., Маклаков К.В., Морозова Л.М., Эктова С.Н. Системный анализ биогеоценозов полуострова Ямал: имитационное моделирование воздействия крупнотадного оленеводства на растительный покров // Экология, 2011, № 5. С. 323–333.
7. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., академик Ваганов Е.А., Максюттов Ш.Ш., МакКаллум И, Лакида. И.П., Сухинин А.И. Влияние природных пожаров в России 1998–2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет // Доклады Академии Наук, 2011, том 441, № 4. С. 544–548.
8. Bret-Harte M.S., Mack M.C., Shaver G.R., Huebner D.C., Johnston M., Mojica C.A., Pizano C., Reiskind J.A. 2013. The response of Arctic vegetation and soils following an unusually severe tundra fire. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. 368: 20120490. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0490>.

УДК: 581.55(575.2) (04)
DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.006

Кенжебаев Самат Садырбекович

кандидат биологических наук, научный
сотрудник Института горной физиологии и медицины
Национальной академии наук КР,
+996553250578, e-mail: s_kenzhebaev@list.rul

Содомбеков Ишенбай Содомбекович

доктор биологических наук, зав. лабораторией
интродукции и биохимии растений Института химии
и фитотехнологий НАН КР, +996553326488

Касиев Кубанычбек Сапашевич

доктор биологических наук, зав. лабораторией ООПТ
Института биологии НАН КР,
+996770138198

Бурканов Нурали Рахманович

научный сотрудник лаборатории биокомпозитов
Института химии и фитотехнологий НАН КР,
+996703661083

Киязова Наталья Васильевна

кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом
пастбищ и кормов НИИ пастбищ и животноводства КР,
+996555452609, e-mail: nkilyazova@mail.ru

S.S. Kenzhebaev, I.S. Sodombekov, K.S. Kasiev, N.R. Burkanov, N.V. Kilyazova

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧРЕЗМЕРНОГО ВЫПАСА И ЗАМОРОЗКОВ НА ЦЕНОТИЧЕСКУЮ МОЩНОСТЬ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ВЫСОКОТРАВНЫХ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОСТОЧНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ УРОЧИЩА КАРКЫРА

IMPACT OF OVERGRAZING AND FROSTS ON THE COENOTIC CAPACITY OF PLANT SPECIES IN HIGH- GRASS MEADOW COMMUNITIES OF KARKYRA TRACT IN THE EASTERN PRIISSYKKULYE

Аннотация. В результате многолетних исследований в формации ежи сборной (*Dactylis glomerata*) на участке высокотравных лугов зафиксирована смена растительного сообщества под воздействием чрезмерного выпаса скота и резкого понижения температуры с выпадением снега во время вегетации в отдельные годы (2015 и 2018 гг). Также отмечено угнетение одних видов растений другими в данном фитоценозе.

Abstract. As a result of many years of research of the cocksfoot (*Dactylis glomerata*) formation in the high-grass meadows area, a change in the plant community due to overgrazing, great drops in temperature and fall of snow during the growing season in some years (2015 and 2018) has been recorded. Also the oppression of some plant species by others in this phytocenosis was noted.

Ключевые слова: сукцессия, ценотическая мощность, экстремальные условия, возобновление, ассоциация, травостой.

Keywords: succession, coenotic capacity, extreme conditions, renewal, association, herbage.

Характеристика района исследований. Район исследования – урочища Каркыра – расположен в восточной части Прииссыккулья Кыргызской Республики и ограничивается координатами: между 75°45' и 80°12' восточной долготы 43°00' и 40°18' северной широты, а следовательно, относится к Восточно-Прииссыккульскому геоботаническому округу.

Рельеф исследуемого участка горно-равнинный высота его над уровнем моря колеблется в пределах 2000–2200 м. Почвенный покров подчиняется закономерности вертикальной поясности, представлен в поясе горными светло-каштановыми, темно-каштановыми, черноземными почвами. Вследствие большого количества атмосферных осадков (до 1100 мм в год) почвы выщелочены, и засоление почвы почти отсутствует.

Климат урочища Каркыра отличается своими специфическими климатическими особенностями, лето здесь более прохладное, сравнительно короткое и дождливое. Здесь летом часто бывают заморозки. Продолжительность безморозного периода 130–150 дней [1].

Объект и методика исследования. Объектом исследования послужил участок вблизи бывшей третьей фермы совхоза Сан-Таш с равнинным строением ландшафта растительного покрова высокотравных лугов с площадью около 5 га. Проективное покрытие травостоя по общепринятым стандартам определения. Обилие видов по шкале Друде. Ценотическую мощность растений определяли по методу Л.Г. Раменского [2]. Флористический анализ обработан по данным С.К. Черепанова [3].

Ценотическая мощность видов имеет большое значение в исследовании толерантности и конкурентоспособности различных видов растений, в изучении и расшифровке сложных этапов сукцессионных перемен фитоценозах. Исследуя ценотическую мощность видов растений, Л.Г. Раменский разделяет на следующие группы:

1. Виоленты (силовики) – энергично развиваясь, они захватывают территорию, подавляя соперников энергией жизнедеятельности и доминирующим использованием ресурсов среды.

2. Пациенты (выносливцы) – в борьбе за существование они берут не энергией жизнедеятельности, а своей устойчивостью в экстремальных условиях, но заглушаются виолентами.

3. Эксплеренты (выполняющиеся) – имеют низкую ценотическую мощность, заполняют промежутки между более сильными растениями.

Перестройка травостоя в сообществе происходит в течение всего вегетационного периода. Наблюдения в течение ряда лет позволяют установить разногодичную ее динамику–флюктуацию [4].

Цель исследования. Сравнительный анализ флоры и характеристика видов растений по ценотической мощности высокотравного лугового сообщества в формации ежи сборной на разнотравно-ежовой ассоциации (1–этап исследования–2011–2012 гг.) и его изме-

нения под воздействием выпаса скота и заморозков на травостой (2–этап исследования–2017–2018 гг.).

На первом этапе исследований в разнотравно-ежовом сообществе преобладали в основном ценные кормовые и лекарственные растения при умеренном выпасе и одногодичном сенокосе в 2011 году после фазы плодоношения злаков. Виолентами травостоя выступали *Dactylis glomerata* L. и *Phleum pratense* L. Проективное покрытие травостоя составляло 80–100%. Важно отметить, что виоленты соответствовали по шкале Друде Cor_3 – Cor_1 . Пациенты и эксплеренты–соответственно Sr и Sol .

Сопутствующими видами-пациентами выявлены следующие виды: *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Festuca pratensis* Huds., *Trifolium pratense* L., *Achillea asiatica* Serg., *Geranium collinum* Steph., *Medicago falcata* L. и *Taraxacum officinale* L. В группе эксплерентов: *Aconitum songoricum* Regel., *Trifolium repens* L., *Alopecurus pratensis* L. и др. (табл. 1).

Как видно из таблицы, анализ флоры на участке высокотравных лугов урочища Каркыра на втором этапе исследований – 2017–2018 гг. показал, что ежовое сообщество претерпело значительные изменения в частности разнотравно-ежовая ассоциация (*Dactylis glomerata* + *разнотравье*) преобразовалась в гераниево-аконитово-ежовую ассоциацию (*Geranium collinum* + *Aconitum songoricum* + *Dactylis glomerata*).

Ткани травянистых растений сохраняют способность к росту на протяжении всей зимы, несмотря на его вынужденную приостановку, вызванную условиями внешней среды [5].

В 2015 и 2018 годы были зафиксированы заморозки с выпадением снега до 10–15 см снегового покрова в первой половине июня, где многие виды растений оказались, приспособлены к холодостойкости. В ночное время суток температура опускалась до –8°C. Здесь следует отметить, что один из эфемеров – *Taraxacum officinale* – оказался холодостойким растением. После таяния снега в периоде цветения рост и развитие *Taraxacum officinale* возобновилось.

Однако некоторые виды выпали из травостоя. По-видимому, среди причин были экстремальные условия среды и неустойчивость к холоду.

Очевидно, что после таяния снега в течение 2 суток с резкими перепадами температуры, особенно в фазах колошения (бутионизации), у некоторых растений происходит гибель надземной фитомассы с образованием льда в тканях.

При фотосинтетической активности радиации и положительной температуре жизнедеятельность травяных растений возможна даже под 35–40 -сантиметровым слоем снежного покрова [6].

Одной из главных причин изменения состава травостоя оказался чрезмерный выпас скота, особенно после сенокосного периода, который отрицательно сказывался на отавности ценных кормовых растений, а также, как уже выше отмечено, воздействие заморозков при вегетации в отдельные годы.

Так из рассматриваемого растительного сообщества выпали ценные кормовые виды из виолентов– *Phleum pratense*, оказавшись в группе эксплерентов. Пациенты–*Trifolium pratensis* и *Medicago falcate* – и из эксплерентов–*Alopecurus pratensis* полностью исчезли из травостоя.

У видов *Bromopsis inermis* и *Achillea asiatica* не наблюдается возобновления или выпадения из травостоя, и оказались стабильными видами,

зафиксированные как пациенты на обоих этапах исследования при анализе флористического состава.

Костер безостый (*Bromopsis inermis*) отмечен тем, что по холодостойкости и зимостойкости в северных районах занимает одно из первых мест (рис 1). Умеренный выпас переносит хорошо, корневища залегают на глубину 8–10 см. Кроме того, *Bromopsis inermis* является ценным кормовым растением [7].



Рис. 1. Костер безостый (*Bromopsis inermis*)

В образовавшейся гераниево-аконитово-ежовой ассоциации появились в группе эксплерентов новые виды растений: *Myosotis suaveolens* Waldst. & Kit. ex Willd., *Ranunculus pedatifidus* Sm., *Campanula cephalotes* Nakai., *Gentiana kirilovii* Turcz., *Echium vulgare* L., *Iris Loczyi* Kanitz. и *Scabiosa oroleuca* L. Проективное покрытие в основном составляло 70–80%.

Ligullaria Thomsoni (C.V. Clarke) Pojark. зафиксирован как сильно возобновляемый пациент в травостое, не

выявленный в первые годы исследования (рис. 2). У этого вида ареал распространения в пределах исследуемого района–урочища Каркыра – встречаются массово до альпийского пояса. Вероятно, по нашим прогнозам, в дальнейшем, если не будет контроля над чрезмерным выпасом скота, *Ligullaria thomsoni* может перейти к доминирующим виолентам.



Рис. 2. Бузульник Томсона (*Ligullaria Thomsoni*)

Эти вышеотмеченные образовавшиеся виды в многочисленных литературных источниках отмечены

как сорные и непоедаемые.

Таблица. 1. Ценотическая мощность видов растений в смене сообщества.

1 этап исследования, 2011–2012 гг. Разнотравно-ежовая ассоциация (<i>Dactylis glomerata</i> + <i>разнотравье</i>)			2–этап исследования, 2017–2018 гг. Гераниево-аконитово-ежовая ассоциация (<i>Geranium collinum</i> + <i>Aconitum songoricum</i> + <i>Dactylis glomerata</i>)		
Виоленты	Пациенты	Эксплеренты	Виоленты	Пациенты	Эксплеренты
<i>Dactylis glomerata</i> L.	<i>Trifolium pratense</i> L.	<i>Aconitum songoricum</i> Regel.	<i>Geranium collinum</i> Steph.	<i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub	<i>Phleum pratense</i> L.
<i>Phleum pratense</i> L.	<i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub	<i>Ranunculus polyanthrus</i> Sm.	<i>Dactylis glomerata</i> L.	<i>Phlomoidea oreophilla</i> (Kar. & Kir.)	<i>Festuca pratensis</i> Huds.
<i>Origanum vulgare</i> L.	<i>Achillea asiatica</i> Serg.	<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Aconitum songoricum</i> Regel.	<i>Gallium verum</i> L.	<i>Origanum vulgare</i> L.
	<i>Geranium collinum</i> Steph.	<i>Phlomoidea oreophilla</i> (Kar.&Kir.)		<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	<i>Elymus sibiricus</i> L.
	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	<i>Gallium verum</i> L.		<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Taraxacum officinale</i> L.
	<i>Medicago falcate</i> L.	<i>Alopecurus pratensis</i> L.		<i>Plantago arachnoidea</i> Schrenk.	<i>Rumex Tianschanicus</i> Losinsk.
	<i>Taraxacum officinale</i> L.	<i>Plantago arachnoidea</i> Schrenk.		<i>Alchemilla retropiljsa</i> Juz.	<i>Aconitum rotundifolium</i> Kar. & Kir.)
		<i>Alchemilla retropiljsa</i> Juz.		<i>Achillea asiatica</i> Serg.	<i>Myosotis suaveolens</i> Waldst.
		<i>Elymus sibiricus</i> L.		<i>Ligularia thomsoni</i> (C.B. Clarke) Pojark.	<i>Ranunculus pedatifidus</i> Sm.
		<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.			<i>Campanula cephalotes</i> Nakai.,
					<i>Gentiana kirilovii</i> Turcz.
					<i>Echium vulgare</i> L.
					<i>Iris Loczyi</i> Kanitz.
					<i>Scabiosa oroleuca</i> L.

Восстановление растительности на нарушенных местообитаниях может идти как первичная сукцессия (при полном уничтожении коренной растительности) или как вторичная сукцессия (при частичном его нарушении) [8].

За период исследований, в отличие от других ценных кормовых видов растений, *Dactylis glomerata* оказалась наиболее устойчивым видом как доминирующий виолент.

Таким образом, чрезмерный выпас, заморозки, сенокосение и конкуренция за ресурсы органического и минерального питания среди видов в травостое привели к сукцессионным и флюктуационным переменам с массовым возобновлением непоедаемых и сорных растений, многие из которых обладают лекарственными свойствами.

Заключение

В результате исследований выявлено, что данное растительное сообщество при воздействии

чрезмерного выпаса и заморозков в отдельные годы разнотравно-ежовая ассоциация (*Dactylis glomerata* + *разнотравье*) на втором этапе исследования перешла к гераниево-аконитово-ежовой ассоциации (*Geranium collinum* + *Aconitum songoricum* + *Dactylis glomerata*). Так, виоленты *Phleum pratense* и *Origanum vulgare* во втором этапе исследований переходят к пациентам и эксплерентам, уступая свои экологические ниши в травостое *Geranium collinum* и *Aconitum songoricum* с появлением новых видов эксплерентов – *Rumex Tianschanicus*, *Myosotis suaveolens* и др.

Практические рекомендации. Сенокосы проводить в оптимальные биологические сроки после фазы плодоношения.

Важно проводить умеренные загонные выпасы по сезонам с учетом численности поголовья скота на определенную площадь территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асанбеков И. Почвы северо-восточной части Иссык-Кульской котловины. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Фрунзе, 1970.–143с.
2. Раменский Л.Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. – Наука. 1971.-333с.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывш. СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
4. Корчагин А.А. Полевая геоботаника. Т. 5. М.: Издательство Академии наук СССР, 1976. С. 236.
5. Касперска-Палач А. Механизм закаливания травянистых растений. М.: Колос, 1983. С. 112–116.
6. Нахуцришвили Г.Ш., Абдаладзе О.Г. и др. Жизнедеятельность высокогорных растений в зимнее время. Тезисы докладов 8-го делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества. Алма-Ата: Наука, 1988. С. 481.
7. Рекомендации по поверхностному улучшению деградированных горных пастбищ Кыргызской Республики (на примере пилотных хозяйств), Бишкек, 2016. 34 с.
8. Сумина О.И. Начальные стадии первичной и вторичной сукцессий на антропогенных местообитаниях в окрестностях Певека. Тезисы докладов 8-го делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества. Алма-Ата: Наука, 1988. С. 256.

УДК 556.54

DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.007

Семчуков Александр Николаевич

ФГБУН Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, к.ф.-м.н., научный сотрудник,
656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1,
+79132029020, sasha@iwer.nsc.ru

Захаров Владимир Павлович

ФГБУН Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, главный специалист,
656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1,
d.sc.zakharov@mail.ru

A.N. Semchukov, V.P. Zakharov

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОХАЛИННОГО РЕЖИМА ОБСКОЙ ГУБЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DELFT3D: ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА, ПОДГОТОВКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОБНЫЕ РАСЧЕТЫ

NUMERICAL SIMULATION OF THERMOHALINE CONDITIONS OF THE GULF OF OB BY THE DELFT3D SOFTWARE PACKAGE: BUILDING A DIGITAL BOTTOM ELEVATION MODEL, PREPARING INPUT DATA AND TEST SIMULATIONS

Аннотация. С помощью программного комплекса Delft3D (Нидерланды) выполнен расчет термохалинного режима Обь-Тазовской устьевой области и прилегающих к ней районов Карского моря в годовом цикле. Для этого подготовлены цифровая модель рельефа дна, а также распределенная во времени и пространстве гидрометеорологическая информация. Разработан алгоритм по оценке расхода притоков при недостатке информации. Полученная картина изменения распределения температуры воды, солености и толщины льда в целом согласуется с опубликованными данными.

Abstract. The annual simulation of thermohaline conditions of the Gulf of Ob and the adjacent areas of the Kara Sea was performed by the Delft3D software package (the Netherlands). The digital bottom elevation model and hydrometeorological data were prepared. An algorithm for estimating the tributary discharges with a lack of information has been developed. The resulting picture of changes in the distribution of water temperature, salinity and ice thickness is generally consistent with published data.

Ключевые слова: Обская губа, математическое моделирование, температура, соленость, лед.

Keywords: Gulf of Ob, numerical simulation, temperature, salinity, ice.

Введение

С водами рек Западной Сибири, и прежде всего Оби, в Обскую губу и далее в мировой океан поступает большое количество загрязняющих и биогенных веществ, что влияет на качество и биопродуктивность морских вод. Кроме того, сама Обская губа является местом обитания ценных пород сиговых рыб. В последние годы антропогенная нагрузка на природные воды этого региона возросла в связи с освоением нефтегазовых месторождений. В то же время в Обской губе, как области маргинального фильтра на границе между рекой и морем, происходят интенсивные процессы самоочищения и биохимической трансформации вещества [1]. Поэтому большой интерес представляет изучение изменения этих процессов при изменении внешних условий: климата, антропогенной нагрузки, при проведении дноуглубительных мероприятий. Важным инструментом для этих целей является математическое моделирование, а необходимой основой для моделирования самоочищения и биохимической трансформации вещества является моделирование гидрофизических процессов: течений, ледотермического режима и солености, переноса примесей, взвешенных наносов и трансформации дна. Кроме того, моделирование гидрофизических процессов имеет и самостоятельный интерес. В частности, соленость является важным фактором, определяющим пригодность воды для жизни рыб и хозяйственно-бытового использования, а ледовый режим и эрозионно-аккумулятивные процессы определяют условия навигации.

Данная статья посвящена подготовке входных данных для расчета термогалинного режима Обь-Тазовской устьевой области в годовом цикле с помощью программного комплекса Delft3D [2] (разработки компании Deltares, Нидерланды), основанного на трехмерной модели гидрофизических процессов в водоемах и водотоках и содержащего блоки для описания эрозионно-аккумулятивных процессов и качества воды. Также приведен пример расчета. Целью выполняемой работы является калибровка используемой трехмерной модели для условий Обской губы и доработка ее ледового блока.

Построение цифровой модели рельефа дна

Важным этапом математического моделирования является подготовка входных данных, а именно гидрометеорологической и морфометрической информации. При этом морская граница расчетной области должна быть по возможности отодвинута от интересующего нас водного объекта, чтобы уменьшить влияние ошибок при задании граничных условий, так как поступление пресной воды из устьев крупных сибирских рек существенно влияет на соленость (и температуру воды) в значительной части Карского моря [3].

В рамках данной работы построена цифровая модель рельефа дна южной части Карского моря с детализацией в районе Обской и Тазовской губ, Гыданской губы и Енисейского залива. Модель построена путем сканирования 21 бумажных морских навигационных карт [4] в проекции

Меркатора, включая 12 карт для Обской и Тазовской губ (см. рис. 1), с последующим ручным снятием измеренных отметок дна, их координат и координат береговой линии. Масштаб большинства карт составлял около 1 км в см.

Всего было снято свыше 83 тыс. точек с последующим пересчетом их координат в широту и долготу (см. рис. 2). Модель включает дельту реки Оби, где были выделены контуры 23 островов и основные протоки между ними (близко расположенные острова с незначительными протоками между ними объединялись). В связи с недостаточным количеством промеров глубины в районе дельты Оби необходимая батиметрическая информация для возможного расчета движения воды по рукавам реки была получена путем интерполяции вдоль русла имевшихся отметок или оцифровки изображенных на карте изобат.

Всего (включая дельту р. Оби) было выделено 220 островов. Недостаток информации на той части Карского моря, которая не охвачена подробными картами, также был восполнен путем оцифровки изобат.

Модель включает потенциально затапливаемые территории с отрицательными отметками глубины (обозначенные на карте как пески и ил) и их границы. На этих границах задавалась нулевая глубина. Также нулевая глубина задавалась на берегах, за исключением тех мест, где у берега находятся точки с отрицательными отметкам.

Построенная таким образом карта глубин южной части Карского моря приведена на рис. 3, а на рис. 4 дана ее детализация для Обь-Тазовской устьевой области и для шельфовой части моря, прилегающей к устьям Оби и Енисея.

Подготовка входной гидрометеорологической информации и пример расчета

Для калибровки трехмерной модели гидро-термогалинного режима Обской губы выбрана расчетная область и создана база гидрометеорологических данных за 2009–2010 гг., на основе которой получены входные файлы для программного комплекса Delft3D. Выбор промежутка времени обусловлен тем, что гидрологическая обстановка в Обской губе за 2010 г наиболее освещена экспедиционными данными [5, 6], а расчеты желательнее начать с более ранней даты для сглаживания влияния неточности задания начальных условий.

Расчетная область включает в себя Обскую, Тазовскую и Гыданскую губы, Енисейский залив, а также мелководную шельфовую часть Карского моря, ограниченную меридианами 68.5° в.д., 81.5° в.д. и параллелями 72.5° с.ш., 74.5° с.ш. Для расчетной области построена равномерная сферическая конечно-разностная сетка (до 129 и до 210 узлов по долготе и широте соответственно, что соответствует размеру ячейки порядка 4 км), на которую были интерполированы имеющиеся данные по рельефу дна (в зависимости от густоты измерений глубины она усреднялась в окрестностях узла сетки или использовался метод триангуляции).

База гидрометеорологических данных включает в себя необходимую для расчетов входную информацию, а именно:

– пространственно распределенные среднесуточные метеорологические элементы для южной части Карского моря и его заливов (температура воздуха, относительная влажность, компоненты скорости ветра и атмосферное давление в приводном слое, атмосферные осадки и общая облачность);

– среднесуточные данные по расходу и среднедекадные данные по температуре основных притоков расчетной области (Обь, Енисей, Надым, Таз, Пур, Мессояха, Гыда, Юрибей);

– среднемесячное среднегодовое распределение температуры и солёности вдоль морской границы расчетной области для нескольких уровней глубины;

– распределение солёности в расчетной области в начальный момент времени (на 1 июля 2009 г.).

Метеорологические элементы для 19 береговых и островных метеостанций из электронной базы данных [7] методом триангуляции интерполировались на равномерную сферическую сетку с шагом в 2 градуса по долготе и 1 градус по широте (см. рис. 5).

Данные по температуре и солёности воды на морской границе взяты из электронного атласа Levitus94 [8], где они задаются через 1 градус по широте и долготе для отметок глубины в 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100 ... м. Далее они линейно интерполировались по глубине в соответствии с числом расчетных слоев.

Данные по расходу и температуре притоков были получены на основе гидрологических ежегодников [9–12]. К сожалению, гидрологическая сеть в этом районе очень редка, а в последние десятилетия она еще существенно уменьшилась. Ближайшие стоковые гидрологические посты, на которых имеются данные по расходам для 2009–2010 гг., находятся на достаточно большом удалении от устьев притоков. Это Салехард (р. Обь), Игарка (р. Енисей), Надым (р. Надым) и Уренгой (р. Пур). Пересчет расхода от водомерного поста к устью выполнялся по соотношению между среднегодовым стоком в этих точках [13, 14].

Согласно гидрологическим ежегодникам, на рр. Гыда, Юрибей, Мессояха и даже на такой крупной реке, как Таз, действующие стоковые посты отсутствуют. В этом случае использовались данные для в. п. Уренгой с аналогичным пересчетом к устьям этих рек. Таким же образом были восполнены пробелы в рядах наблюдений для в. п. Надым.

Кроме того, для оценки трансформации стока по мере движения воды от стокового поста к устью была разработана специальная процедура. Данные по уровню доступны на большем количестве водомерных постов, чем данные по расходам. В частности для приустьевой части р. Енисей и устьевой области рек Таз Пур и Мессояха имеется по паре сравнительно близко расположенных действующих уровневых постов (в. п. Дудинка и Караул для р. Енисей, в. п. Тазовский и Находка для рр. Таз, Пур и Мессояха), что позволяет оценить уклон свободной поверхности воды.

Поэтому для этих четырех рек вычисленный расход у устья усреднялся помесячно и далее распределялся по дням согласно формуле Шези (с оценкой сопротивления

трения по формуле Маннинга) [15]. Эта формула ставит расход в соответствие с уклоном свободной поверхности и средней глубиной. При этом учитывалось влияние снежно-ледового покрова как на среднюю глубину воды подо льдом, так и на сопротивление трения [16]. Зависимость средней глубины от уровня воды определялась по навигационным картам [3]. После этого ряд вычисленных таким образом расходов численно сглаживался (см. рис. 6). Вообще говоря, формула Шези описывает установившееся равномерное течение, каковым не является реальное течение воды в реке. Кроме того, не учитывались ветровые нагоны, а эмпирически подобранное время усреднения является в значительной степени произвольным. Однако такой метод дает примерное представление о распределении расхода притока во времени в предположении, что течение медленно изменяется и время добегающего от водомерного поста до устья исчисляется несколькими днями.

Для основного интересующего нас притока, Оби, использовался другой подход: было оценено среднегодовое время добегающего от последнего стокового поста, Салехарда, до устья (границы расчетной области), и далее ряды расходов и температуры воды были смещены на это время. Для этого скорость воды была оценена как отношение среднего расхода за 1985 г. [17] к площади поперечного сечения реки у ныне не действующего в. п. Салемал при среднем уровне воды за тот же год [3, 17].

Температура воды притоков задавалась по ближайшему к устью водомерному посту. Это Салехард (р. Обь), Караул (р. Енисей), Надым (р. Надым), Находка (рр. Таз, Пур и Мессояха). Температура воды рек Гыда и Юрибей задавалась по в. п. Караул, находящимся на близкой широте.

Минерализация притоков считалась нулевой, а уровень воды на морской границе расчетной области – постоянным и равным среднему уровню моря (0.78 см от минимального уровня моря, от которого отсчитываются глубины в навигационных картах [18]). В дальнейшем предполагается ввести учет изменения уровня воды на морской границе в соответствии с приливами.

В начальный момент времени уровень воды в расчетной области задавался аналогичным образом, а скорости и температура воды (в градусах $^{\circ}\text{C}$) в ней так же считались нулевыми (начальный момент времени, 1 июля 2009 г., был выбран, так как это примерная дата очищения Обской губы ото льда). Солёность же задавалась по данным упомянутого атласа [8], которые интерполировались методом триангуляции и численно сглаживались. Недостаток данных восполнялся из предположения, что на большей части Обской губы и прочих заливов солёность была нулевой. Из соображений простоты в начальный момент времени распределение солёности и температуры по глубине считалось равномерным, что почти справедливо для большей части Обской губы [6]. Кроме того, влияние начальных условий на результаты расчета достаточно быстро падает за счет взаимодействия речных и морских вод и теплообмена с атмосферой.

На рис. 7 приведен пример результатов расчета термогалинного режима Обской губы начиная с 1 июля 2009 г., а именно распределение придонной (А) и поверхностной (подледной) (Б) солёности, а также толщины льда (В) на 25 декабря 2009 г., распределение температуры в поверхностном слое воды на 24 августа 2009 г. (Г). Эти рисунки иллюстрируют распространение теплой воды от притоков летом, распространение льда от мелководных прибрежных областей зимой, проникновение высокоминерализованных морских вод в Обскую губу у дна и распространение опресненной воды из Обской губы в море у поверхности. В южной части Обской губы, до района галоклина, вода практически полностью перемешана по вертикали. Севернее температура в значительной степени определяется проникновением морских вод и изменяется по вертикали в соответствии с изменением солёности. Результаты расчета адекватно описывают реальное изменение распределения температуры и солёности в Обской губе на качественном уровне. Более точные результаты будут получены в ходе доработки ледового блока модели и ее калибровки.

Заключение

Программный комплекс Deldt3D на основе трехмерной модели гидрофизических процессов в водоемах и водотоках адекватно описывает годовое изменение термогалинного режима Обской губы на качественном уровне. После калибровки модели и доработки ее экспериментального ледового блока он может применяться для решения практических задач по оценке изменения солёности и температуры воды в Обской губе, площади и толщины ледового покрова при изменении климата и антропогенном воздействии, таком как, например, дноуглубительные работы. Комплекс также может быть применен для расчета эрозионно-аккумулятивных процессов и качества воды (перенос и трансформация загрязняющих и биогенных веществ, изменение кислородного режима). Для этого могут быть использованы подготовленная цифровая модель рельефа дна Обь-Тазовской устьевой области и южной части Карского моря, а также отработанная методика подготовки входных гидрометеорологических данных.

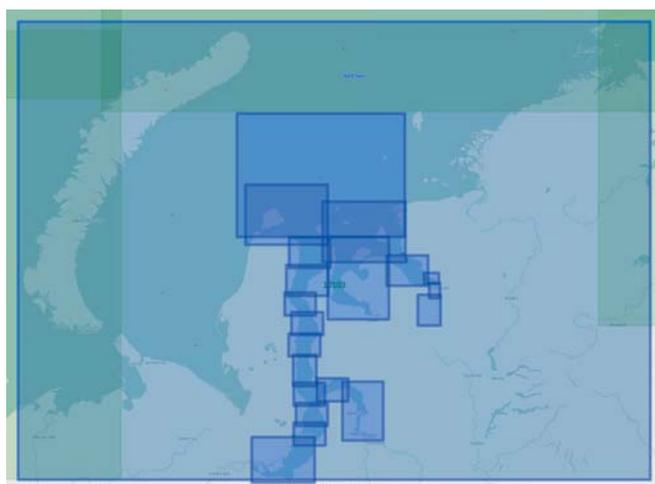


Рис.1. Взаимное расположение листов использовавшихся морских навигационных карт

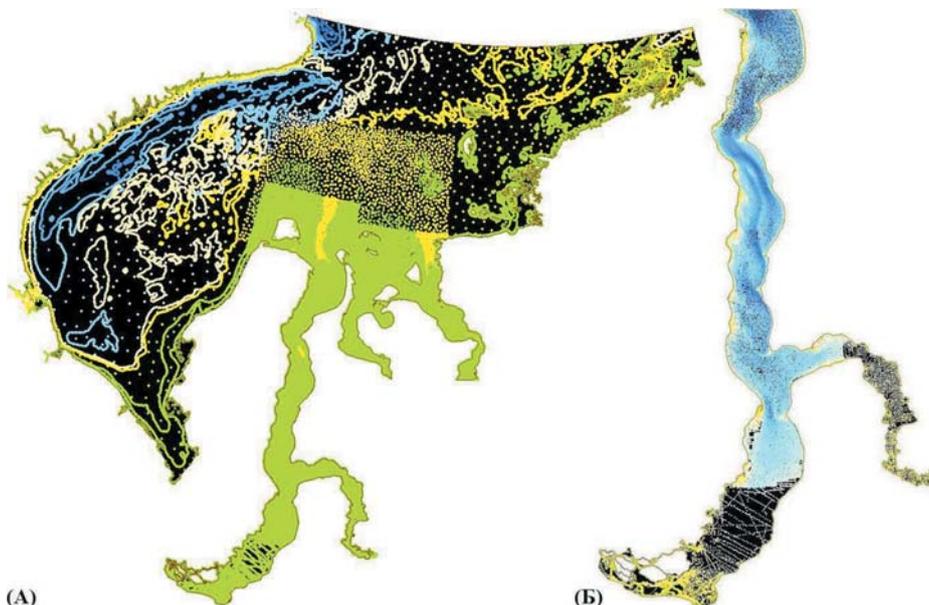


Рис. 2. Снятые с карт отметки глубины для южной части Карского моря (А) и для Обь-Тазовской устьевой области (Б)

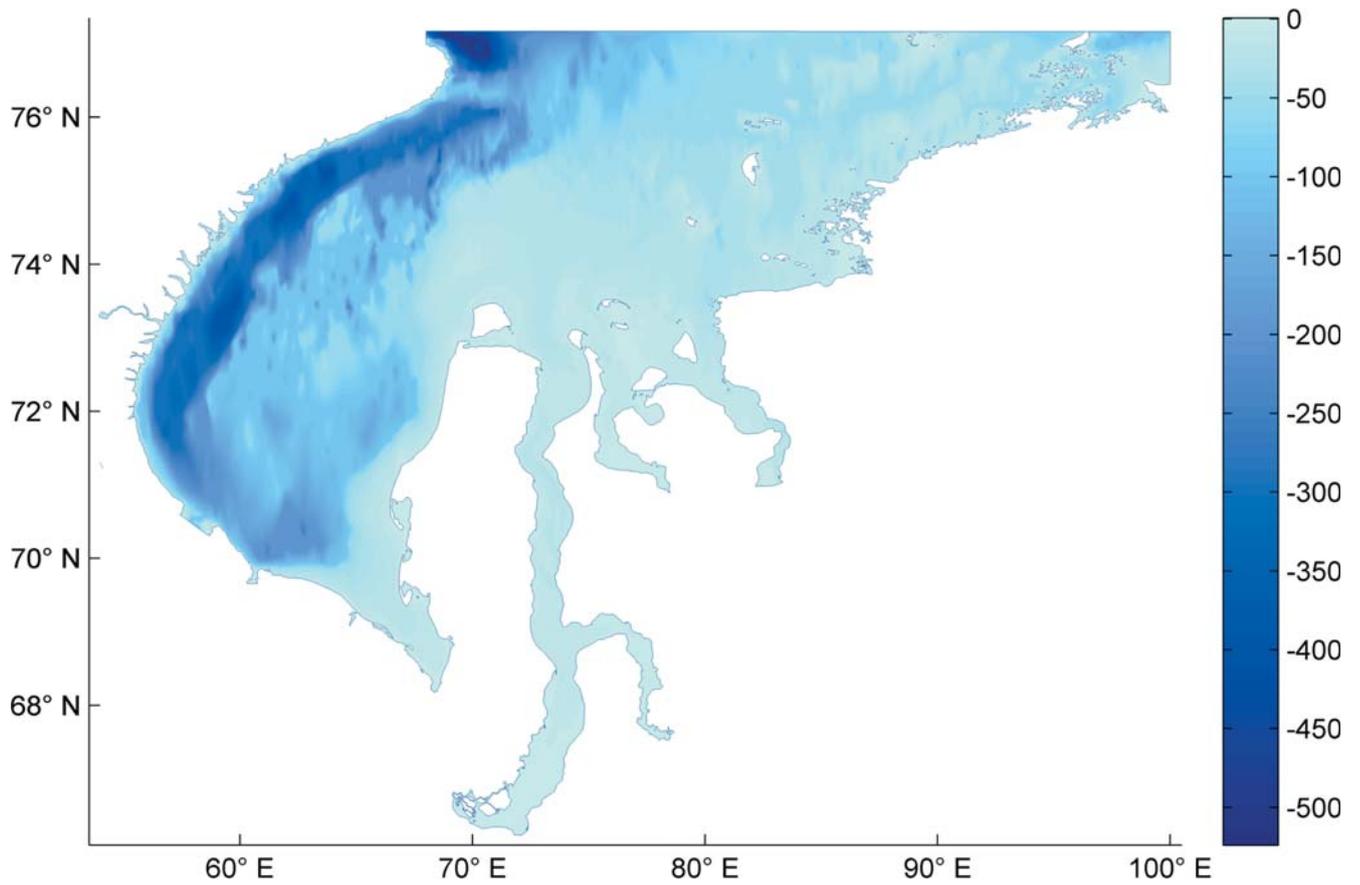


Рис. 3. Карта глубин южной части Карского моря, построенная по цифровой модели рельефа дна

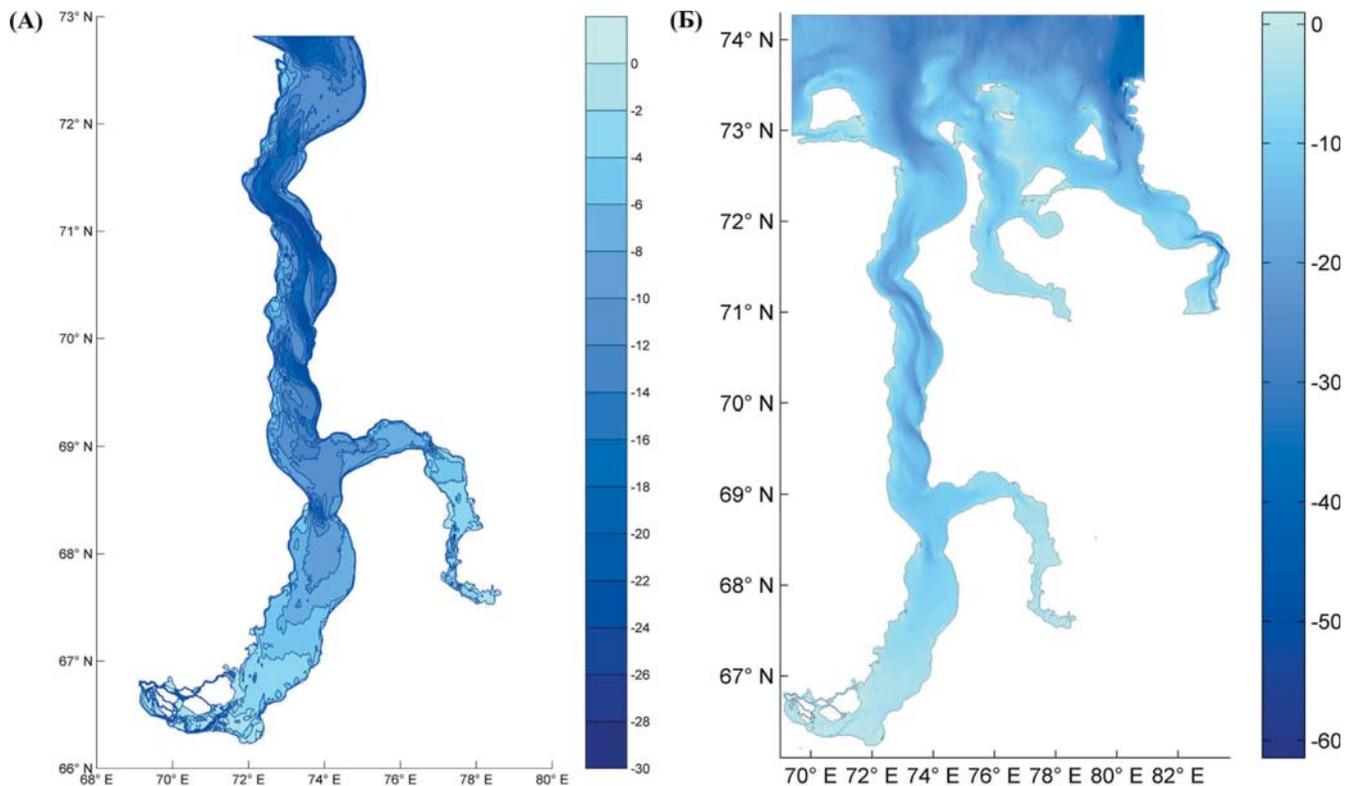


Рис. 4. Детализация карты глубин для Обь-Тазовской устьевой области (А); для Обь-Тазовской устьевой области, Гыданской губы, Енисейского залива и прилегающей шельфовой части Карского моря (Б)

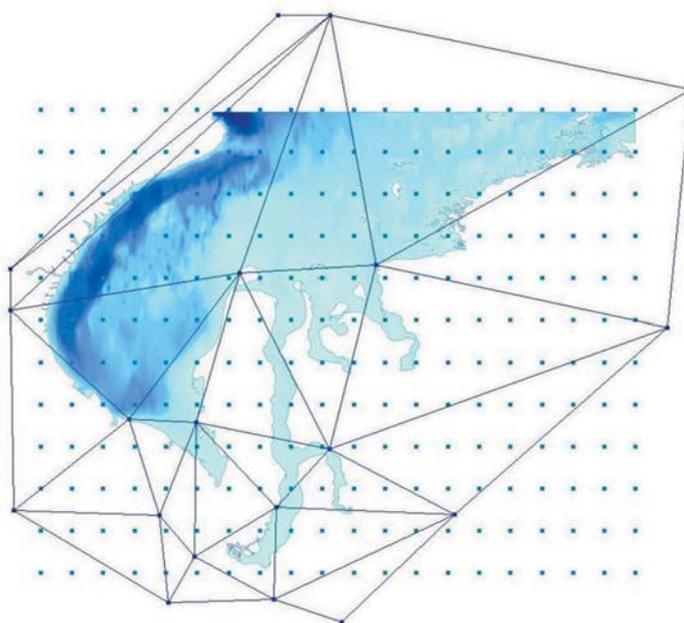


Рис. 5. Расположение метеостанций, триангуляционная сетка, использовавшаяся для интерполяции их данных, и сферическая сетка, на которую они интерполировались

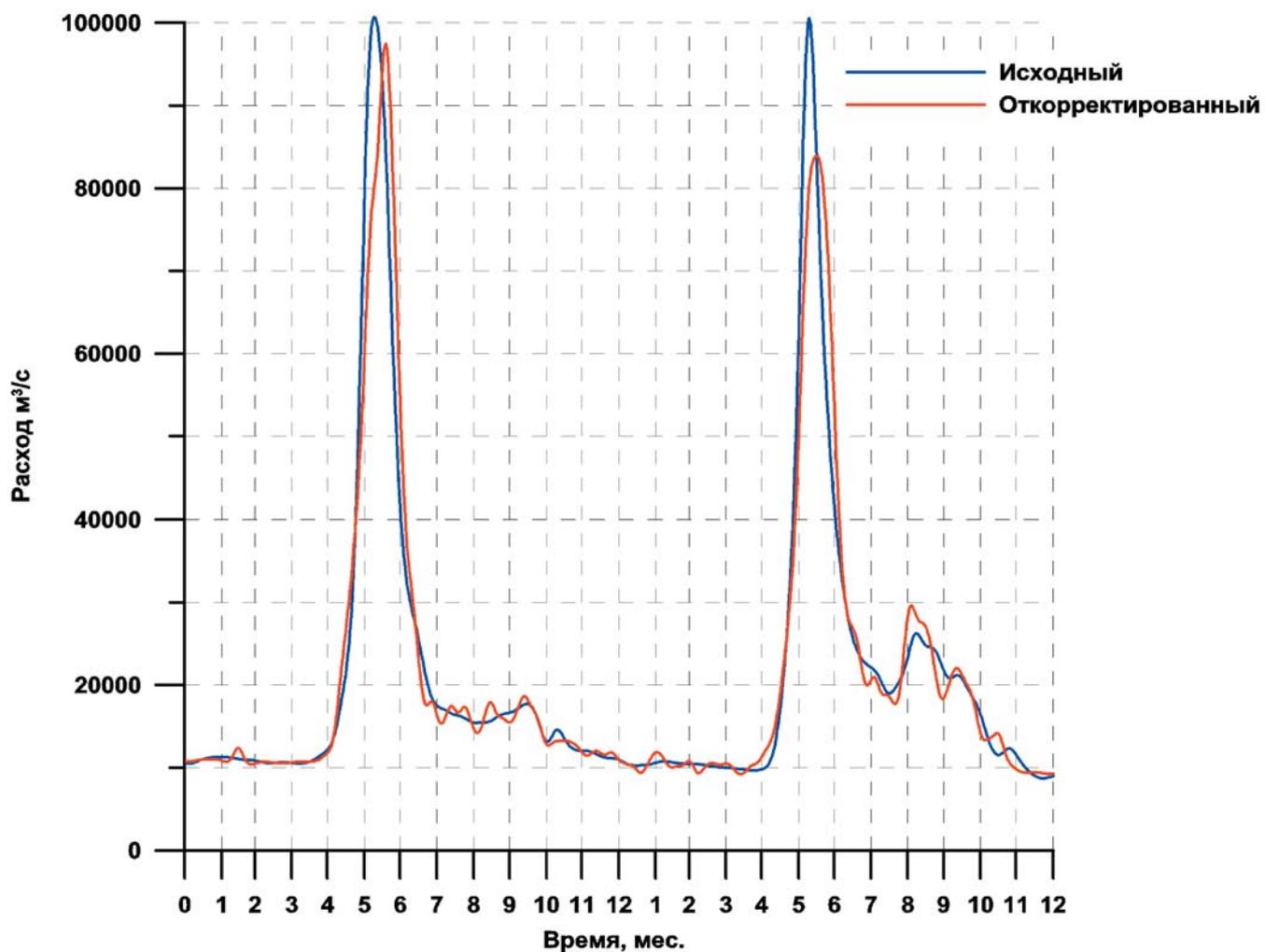


Рис. 6. Исходный и откорректированный ряд расходов Енисея

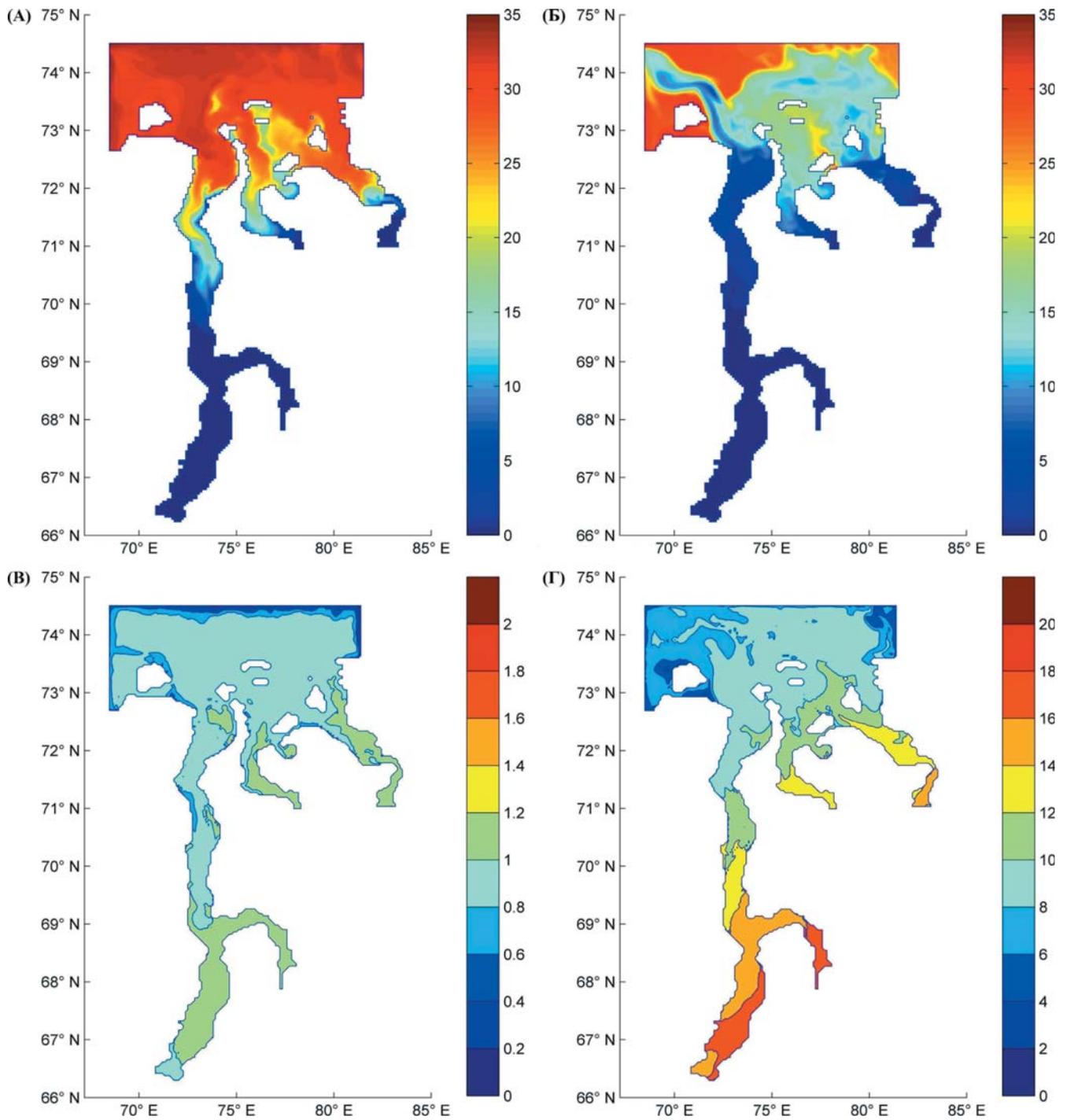


Рис. 7. Расчетные распределения солености в придонном (А) и поверхностном (подледном) (Б) слое, ‰, а также толщины льда (В), м, на 25 декабря 2009 г.; расчетное распределение температуры воды в поверхностном слое, °С, на 24 августа 2009 г. (Г)

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапин С.А. Пространственно-временная изменчивость гидролого-гидрохимических характеристик Обской губы как основа оценки ее биопродуктивности: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.27: защищена 29.03.2012 / Лапин Сергей Александрович. М., 2012. 26 с.
2. About Delft3D [Электронный ресурс] // Сайт компании Deltares. URL: <https://oss.deltares.nl/web/delft3d/about> (дата обращения 11.03.2019).
3. Буренков В.И., Васильков А.П. О влиянии материкового стока на пространственное распределение гидрологических характеристик вод Карского моря // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 652–661.
4. Карское море. Листы 10103, 11127, 12312, 12317, 12318, 12320, 12321, 13329 – 13338, 13348, 13352, 15383, 15384 [Карты]: [морские навигационные карты] / сост. и подгот. к печати Управлением навигации и океанографии МОРФ в 1994–2015 гг. Откорректировано в 2016 г. 1 : 50 000 по параллели 69° – 1 : 2 000 000 по параллели 70°; пр-ция Меркатора. СПб.: АО «ЦКТ», 2016.
5. Лапин С.А., Мазо Е.Л., Маккавеев П.Н. Комплексные исследования Обской губы (июль – октябрь 2010 г.) // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 758–762.
6. Лапин С.А. Гидрологические характеристики Обской губы в летне-осенний период // Океанология. 2011. Т. 51. № 6. С. 984–993.
7. Meteomanz.com [База метеорологических данных]. URL: <http://www.meteomanz.com> (дата обращения 01.03.2019).
8. LEVITUS94 [Электронный океанографический атлас]. URL: <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/LEVITUS94/index.html> (дата обращения 01.03.2019).
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2009 г.: Т. 1. РФ. Вып. 10. Бассейн Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озёра и водохранилища. Новосибирск: Зап. Сиб. УГМС, 2010. 320 с.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010 г.: Т. 1. РФ. Вып. 10. Бассейн Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озёра и водохранилища. Новосибирск: Зап. Сиб. УГМС, 2011. 368 с.
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2009 г.: Т. 1. РФ. Вып. 12. Бассейн Енисея (без бассейна Ангары) и Пясины. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озёра и водохранилища. Красноярск: Среднесибирское УГМС, 2010. 274 с.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010 г.: Т. 1. РФ. Вып. 12. Бассейн Енисея (без бассейна Ангары) и Пясины. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озёра и водохранилища. Красноярск: Среднесибирское УГМС, 2011. 310 с.
13. Реки Ямала [Электронный ресурс] // Электронная библиотека о Ямале. / Информационный, образовательный, культурный центр города Губкинского Ямало-Ненецкого автономного округа. URL: <http://gcbs.ru/cbs/pub/Reki/Reki--Yamala.html> (дата обращения 09.03.2019).
14. Реки [Электронный ресурс] // Вода России : научно-популярная энциклопедия. URL: http://water-ru.ru/Водные_объекты#Реки (дата обращения 09.03.2019).
15. Чугуев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергия, 1970. 552 с.
16. Бузин В.А., Зиновьев А.Т. Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. Методы математического моделирования и опыт их реализации для практических целей. Барнаул : Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. 188 с.
17. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1985 г.: Т. 1. РСФСР. Вып. 10. Бассейн Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза. Ч. 1. Реки и каналы. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987. 616 с.
18. Научно-технический отчет (сокращенный вариант) по теме: Математическое моделирование влияния судоходного морского канала в северной части Обской губы на гидродинамический и термохалинный режим Обской губы / ВЦ РАН, МГУ, ВНИРО; рук. Архипов Б.В.; исполн.: Солбаков В.В. и др. М., 2015. 28 с.

К ИЗУЧЕНИЮ ПАРАЗИТОФАУНЫ СИГОВЫХ РЫБ РЕКИ ТАЗ

TO THE STUDY OF THE COREGONID FISH PARASITE FAUNA IN THE RIVER TAZ

Аннотация. В статье представлены сведения о паразитофауне пеляди и сига-пыжьяна р. Таз. Данные собраны в период нерестовой миграции сиговых рыб в районе устья правобережного притока – р. Худосей. В результате исследований было обнаружено 9 видов паразитов из 6 систематических групп (Myxosporidia, Monogenea, Cestodes, Trematodes, Nematodes и Acanthocephala), которые широко распространены у лососеобразных рыб в низовьях рек Таз и Обь. Интенсивность инвазии самыми массовыми для сиговых рыб паразитами (личинками трематоды *Ichthyocotylurus erraticus*) была сравнительно низкой и не приводила к патологиям хозяев. У пеляди не обнаружены опасные для человека паразиты – личинки цестод из рода дифиллоботриум (*Diphyllobothrium dendriticum*).

Abstract. The article presents information about the parasite fauna of peled and Siberian whitefish from the river Taz. The data were collected during the spawning migration of coregonid fish near the mouth of the Khudosey river, right tributary of the river Taz. 9 species of parasites from 6 systematic groups (Myxosporidia, Monogenea, Cestodes, Trematodes, Nematodes and Acanthocephala) were found. They are prevalent among coregonid fish in the Lower Ob and Taz rivers. The most widespread parasites of coregonid fish were larval trematodes – *Ichthyocotylurus erraticus*. The intensity of this invasion was relatively low and didn't lead to the fish pathologies. Larvae of cestoda (*Diphyllobothrium dendriticum*), parasites dangerous for humans, were not found in peled.

Ключевые слова: пелядь, сиг-пыжьян, паразитофауна, река Таз.

Keywords: peled, Siberian whitefish, parasite fauna, river Taz.

Введение

Изучение инвазий рыб паразитами дает возможность проследить динамику структурных изменений водных биоценозов, поскольку многие из паразитических организмов имеют сложный цикл развития с участием промежуточных хозяев. У рыб, как высшего звена пищевой цепи в водных экосистемах, формируются определенные устойчивые отношения с паразитическими организмами. Исследования зараженности рыб позволяют изучить пищевые связи и пространственную структуру рыбного населения, выявить различные патологии производителей сиговых рыб в зависимости от условий среды обитания и их изменений при современных климатических аномалиях и антропогенных нарушениях водных экосистем. Сиговые рыбы широко распространены в северных водоёмах благодаря своей экологической пластичности. В Обь-Тазовском бассейне они имеют важное промысловое значение и

являются перспективными объектами пресноводной аквакультуры. По литературным сведениям в р. Таз в последние годы вылов пеляди устойчиво превышает 600 т, сига-пыжьяна – 307,4 т [1, 2]. В связи с этим паразитологические исследования и оценка современной эпизоотической ситуации необходимы для рационального использования биоресурсов [3].

Материалы и методы

Исследования паразитофауны сиговых рыб в период нерестовой миграции в реке Таз проводились в течение второй половины августа. Изучен видовой состав паразитов, определены количественные показатели зараженности половозрелых рыб. Подвергнуто анализу 30 особей (по 15 экз. пеляди и сига-пыжьяна). Дополнительно на массовом материале проанализирована зараженность рыб эктопаразитами и миксоспоридиями.

Рыб отлавливали с помощью ставных разноячеистых сетей. Пелядь была представлена особями с длиной тела по Смитту от 23,3 до 35,7 см (в среднем 28,8 см) и весом от 165 до 725 г (в среднем 357,8 г). Размерно-весовые характеристики сига-пыжьяна в уловах колебались от 29 до 39,5 см (в среднем 32,0 см) и от 395 до 720 г (в среднем 423,7 г).

Свежий и фиксированный ихтиологический материал изучали по общепринятым методикам [4, 5]. Сбор эктопаразитов проводили при осмотре свежепойманной пеляди и сига-пыжьяна, пробы фиксировали в 4%-ном растворе формалина. Особей *Monogenea* и цисты *Mухosporidia* заключали в глицерин-желатиновые препараты. Представителей *Trematoda*, *Nematoda*, *Palaeacanthocephala* и *Eoacanthocephala* фиксировали в 70°-ном этиловом спирте с последующей окраской квасцовым кармином.

Видовую принадлежность паразитов определяли по «Определителю паразитов пресноводных рыб фауны СССР» [6] с использованием микроскопов МБС-10 и МИКМЕД-1

Для характеристики зараженности рыб использовали три показателя: экстенсивность

заражения (ЭИ), интенсивность инвазии (ИИ) и индекс обилия (ИО).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программ Microsoft Office Excel и STATISTICA 10.

Результаты и обсуждение

Сведений о паразитах сиговых рыб из водоёмов бассейна р. Таз в настоящее время очень мало.

Пелядь выделяется наибольшим видовым разнообразием паразитов среди сиговых рыб в реках Сибири. Согласно литературным источникам, в естественном ареале у пеляди известно более 40 видов паразитов [7, 8]. По нашим данным, собранным в 2018 г., у пеляди р. Таз их выявлено 7 видов, которые относятся к 5 систематическим группам: *Mухosporidia* – 1, *Monogenea* – 1, *Cestoda* – 1, *Trematoda* – 2, *Nematoda* – 1, *Acanthocephala* – 1 (табл. 1).

Самым массовым было поражение личинками трематоды *Ichthyocotylurus erraticus* сердечной мышцы пеляди – экстенсивность инвазии составляла 100% (табл. 1).

Таблица 1. Показатели зараженности паразитами пеляди в р. Таз, август 2018 г.

Вид паразита	ЭИ, %	ИИ, экз.		ИО, экз.
		Колебание	Средняя	
<i>Henneguya zschokkei</i>	1,0	1	1	0,01
<i>Discocotyle sagittata</i>	13,3	1–2	1,5	0,20
<i>Diphyllbothrium ditremum</i> pl.	60,0	1–7	2,6	1,53
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> (mtc)	100	2–190	34,1	34,1
<i>I. pileatus</i> (mtc)	13,3	–	–	–
<i>Philonema sibirica</i>	26,7	1	1	0,27
<i>Neoechinorhynchus crassus</i>	13,3	1	1	0,13

Максимальная интенсивность инвазии трематодой достигала 190 личинок на всем сердце, средняя – была низкой и составляла 34,1 экз. цист трематоды, поэтому у половозрелых рыб патологии перикарда и снижения биологических показателей не обнаружено. Ихтиокотилуроз вызывает патологии молоди рыб, но очень редко – у взрослых особей [3].

Вторым по встречаемости паразитом пеляди были плероцеркоиды цестоды *Diphyllbothrium ditremum*. Экстенсивность инвазии (ЭИ) этим паразитом составляла 60% и уступала только ЭИ личинками трематод рода *Ichthyocotylurus* (табл. 1). Индекс обилия и интенсивность инвазии пеляди плероцеркоидами *D. ditremum* были невысокими, но величина ЭИ свидетельствовала о ведущей роли планктонных организмов (промежуточных хозяев цестод) в питании этого вида рыб в бассейне р. Таз.

Среди других массовых паразитов пеляди обычна нематода, *Philonema sibirica*, паразитирующая в полости тела хозяина и выявленная у 26,7% рыб. Показатели ИО и ИИ демонстрировали слабую степень зараженности пеляди, как показано в таблице 1.

Нередко у рыб встречались специфичная для лососевых рыб моногенея *Discocotyle sagittata* – на жабрах, а также скребни *Neoechinorhynchus crassus* – в кишечнике. Интенсивность поражения рыб моногенеей и скребнями была очень низкой, отмечены только единичные паразиты. Моногенея *D. sagittata* – паразит с прямым циклом развития, поэтому низкие величины ИО и ИИ косвенно свидетельствуют о невысокой численности хозяина. Промежуточными хозяевами скребней служат крупные организмы нектобентоса (ракушковые рачки-остракоды и личинки насекомых), в связи с низкими показателями ИО и ИИ можно предположить, что доля нектобентоса в питании пеляди невелика.

Очень редко в мышцах тела половозрелой пеляди регистрировались вегетативные цисты миксоспоридии *Henneguya zschokkei* (в среднем 1,0%). При высокой зараженности паразит может вызывать бугорковую болезнь и гибель сиговых рыб. Интенсивность заражения пеляди из р. Таз была минимальной. Анализ массовой выборки (исследовано 100 рыб) выявил очень низкую

интенсивность инвазии. Выраженной патологии мышц и гибели пеляди от бугорковой болезни в р. Таз не отмечено. Данный паразит приводит в основном к порче товарного вида рыбы, что приводит к выбраковке продукции.

В наших исследованиях снижения упитанности и отставания в росте зараженных массовыми паразитами производителей пеляди в р. Таз не выявлено.

У половозрелого сига-пыжьяна в р. Таз выявлено 4 вида паразитов (табл. 2).

Таблица 2. Показатели зараженности паразитами сига-пыжьяна в р. Таз, август 2018 г.

Вид паразита	ЭИ, %	ИИ, экз.		ИО, экз.
		Колебание	Средняя	
<i>Discocotyle sagittata</i>	6,7	1	1	0,01
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> (mtc)	100	35–850	390,5	390,5
<i>Cystidicola farionis</i>	6,7	1	1	0,01
<i>Raphidascaris acus</i>	60	2–5	2,9	1,73

В целом в Обь-Тазовском бассейне у сига-пыжьяна встречается более 30 видов паразитов, относящихся к 12 классам: Ichthiosporea – 1, Oligohymenophorea – 1, Phyllopharyngea – 1, Mxosporidia – 2, Plathelminthes – 15 (в том числе Monogenea – 2, Cestoda – 6, Trematoda – 7), Nematoda – 4, Palaeacanthocephales – 2, Eoacanthocephala – 1, Crustacea – 3, Hirudinea – 1. По литературным данным, у сига-пыжьяна не выявлено видоспецифичных паразитов в Обь-Тазовском бассейне, что характерно для этого, имеющего циркумполярное распространение, вида сиговых рыб из других речных бассейнов Ледовитоморской области [8, 9, 10].

У сига-пыжьяна, как и у пеляди, также отмечается массовое поражение сердца метацеркариями трематоды *Ichthyocotylurus erraticus*. Интенсивность поражения перикарда достигала 850 экз. на всей поверхности сердца рыбы. В отличие от пеляди довольно значительная часть сига-пыжьяна (до 20%) имела высокую зараженность: 300–400 личинок паразита.

Минимальная встречаемость (ЭИ) отмечена для эктопаразита жабр моногенеи *Discocotyle sagittata* и нематоды, *Cystidicola farionis*, паразитирующей в плавательном пузыре рыб (табл. 2).

Среди выявленных нами 4 видов паразитов сига-пыжьяна выделяются те, развитие которых проходит при участии бентосных организмов, личинок амфибиотических насекомых. Это нематода *Cystidicola farionis*, и личинки нематоды *Raphidascaris acus* (l), промежуточным хозяевами им служат рачки

амфиподы и личинки насекомых-амфибионтов, а также реликтовые рачки *Monoporeia affinis*.

Заключение

В результате паразитологических исследований пеляди и сига-пыжьяна в среднем течении р. Таз выявлено 9 массовых видов паразитов, большинство из которых обычны у сиговых рыб в нижней Оби.

Основу паразитофауны сиговых рыб в р. Таз составляют виды, широко распространенные у лососевых рыб Ледовитоморской провинции Сибирского округа.

Выявлена высокая зараженность пеляди плероцеркоидами цестоды *Diphyllbothrium ditremum* и метацеркариями трематоды *Ichthyocotylurus erraticus* в связи с благоприятными условиями для протекания жизненного цикла этих паразитов на местах нагула рыб в высокопродуктивных пойменных водоемах низовьев р. Таз и приустьевом участке Тазовской губы.

Трематода *Ichthyocotylurus erraticus* наиболее многочисленна среди паразитов сиговых рыб. Интенсивность инвазии личинками этого вида особенно велика у сига-пыжьяна, как бентофага, ведущего придонный образ жизни, и обусловлена нагулом рыб в местах концентрации моллюсков, вторых промежуточных хозяев паразита.

Величина инвазии паразитами пеляди и сига-пыжьяна в р. Таз не достигала уровня эпизоотии. Патологий и гибели рыб от паразитов за период наших наблюдений не обнаружено.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю благодарность всем сотрудникам государственного заповедника «Верхне-Тазовский» за помощь и поддержку в организации ихтиопаразитологических исследований на территории Красноселькупского района ЯНАО.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, а также частично поддержана Комплексной программой Президиума УрО РАН (№ 18-9-4-24).

ЛИТЕРАТУРА

1. Крохалевский В.Р., Андриенко Е.К., Матковский А.К., Огурцова Н.Н., Степанов С.И., Янкова Н.В. Состояние запасов сиговых рыб в Обском бассейне // Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб: Мат. шестого всеросс. науч.-произв. совещания. – Тюмень: СибрыбНИипроект. 2001. С. 95–98.
2. Тунёв В.Е. Биологическая характеристика и промысел пеляди в бассейне Тазовской губы / В.Е. Тунёв, В.Р. Крохалевский // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Тюмень, 2013. С. 236–243.
3. Ихтиопатология / Бауер О.Н., Мусселиус В.А., Николаева В.М., Стрелков Ю.А. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 431 с.
4. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 131 с.
5. Зооиндикаторы в системе регионального экологического мониторинга Тюменской области: методика использования / С.Н. Гашев, О.Н. Жигилева, Н.А. Сазонова, А.Г. Селюков, С.И. Шаповалов, О.А. Хританько, А.Ю. Косинцева, А.В. Буракова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2006. 132 с.
6. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1: Паразитические простейшие. Л.: Наука, 1984. 428 с; Т. 2: Паразитические многоклеточные (Первая часть) Л.: Наука, 1985. 425 с; Т. 3: Паразитические многоклеточные (Вторая часть). Л.: Наука, 1987. 583 с.
7. Размашкин Д.А., Кашковский В.В. Паразитофауна и болезни пеляди // Пелядь *Coregonus peled* (Gmelin, 1788): Систематика, экология, продуктивность. М.: Наука, 1989. С. 242 – 266.
8. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. С.410 – 476.
9. Титова С.Д. Паразиты рыб Западной Сибири. Томск.: ТГУ, 1965. 172 с.
10. Титова С.Д., Гундризер А.Н., Пронин Н.М. Зоогеография паразитов рыб Сибирского округа Ледовитоморской провинции // Болезни и паразиты рыб ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск: Ср.-Урал. кн. изд-во, 1976. С. 13 – 26.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

- Агбалян Елена Васильевна** д.б.н., заведующий научно-исследовательским сектором эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79224635909, agbelena@yandex.ru
- Бурканов Нурали Рахманович** научный сотрудник лаборатории биокомпозитов Института химии и фитотехнологий НАН КР, +996703661083
- Гребенец Валерий Иванович** МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, доцент, кандидат геолого-минералогических наук 199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, +79175010844, +7(495)9393673, vgreb@inbox.ru
- Гаврилов Александр Леонидович** научный сотрудник института экологии растений и животных УрО РАН, ул. 8 Марта, 202, Екатеринбург, Россия, 620144, gavrilov@ipae.uran.ru, тел.: (343)210-38-58 (доб. 113)
- Захаров Владимир Павлович** ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, главный специалист, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, d.sc.zakharov@mail.ru
- Ильясов Руслан Михайлович** младший научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79058248568, frandly@mail.ru
- Колесников Роман Александрович** к.г.н., заведующий сектором геолого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79924004770, roman387@mail.ru
- Комова Нина Николаевна** МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии студентка бакалавриата 3 г.о. 199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, +79776163043, +7(495)9393673, nnkomova@gmail.com
- Красненко Александр Сергеевич** к.б.н., старший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79220406099, aleks-krasnenko@yandex.ru
- Кобелев Василий Олегович** научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79220950065, 79220950065@ya.ru
- Кенжебаев Самат Садырбекович** кандидат биологических наук, научный сотрудник Института горной физиологии и медицины Национальной Академии Наук КР, +996553250578, e-mail: s_kenzhebaev@list.ru
- Касиев Кубанычбек Сапашевич** доктор биологических наук, зав. лабораторией ООПТ Института биологии НАН КР, +996770138198
- Киязова Наталья Васильевна** кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом пастбищ и кормов, НИИ пастбищ и животноводства КР, +996555452609, e-mail: nkilyazova@mail.ru
- Локтев Ростислав Игоревич** младший научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79824007453, rost.lok@mail.ru
- Моргун Евгения Николаевна** научный сотрудник, сектор геолого-географических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79824004867, morgun148@gmail.com
- Максименко Юрий Иванович** заместитель главного врача ГБУЗ ЯНАО Яр-Салинская центральная районная больница, +73499630545, muscrb@mail.ru

- Маслаков
Алексей Алексеевич** МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ геоэкологии Севера научный сотрудник, кандидат географических наук, 199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, географический факультет +79851002081, +7(495)9392526, alexey.maslakov@geogr.msu.ru
- Московченко
Дмитрий Валерьевич** ФИЦ Тюменский Научный Центр СО РАН Институт проблем освоения Севера, зав. сектором геоэкологии, д.г.н., г. Тюмень, ул. Моторостроителей, 4а-148., 8(3452)37-62-81, e-mail: moskovchenko1965@gmail.com
- Московченко
Михаил Дмитриевич** Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле г. Тюмень, ул. Монтажников, 19а-16, +79220493597, e-mail: moskovchenkoMD@yandex.ru
- Госькова
Ольга Александровна** научный сотрудник, к.б.н., Институт экологии растений и животных УрО РАН ул. 8 Марта, 202, Екатеринбург, Россия, 620144, эл. почта goskova@irae.uran.ru, тел.: (343)210-38-58 (доб. 113)
- Попова
Татьяна Леонтьевна** научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79615572567, popova-nadya@yandex.ru
- Печкин
Александр Сергеевич** младший научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79821600815, a.pechkin.ncia@gmail.com
- Печкина
Юлия Александровна** младший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79179859190, julja-lisman@rambler.ru
- Содомбеков
Ишенбай Содомбекович** доктор биологических наук, зав. лабораторией интродукции и биохимии растений Института химии и фитотехнологий НАН КР, +996553326488
- Семчуков
Александр Николаевич** ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, к.ф.-м.н., научный сотрудник, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, +79132029020, sasha@iwer.nsc.ru
- Тигеев
Александр Анатольевич** ФИЦ Тюменский Научный Центр СО РАН, институт проблем освоения Севера, с.н.с., к.г.н., г. Тюмень, ул. Широтная, 185-40, +79222609743, e-mail: ttrruubbaa@mail.ru
- Толманов
Василий Андреевич** МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, студент магистратуры 1 г. о. 199991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, Московский государственный университет, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, +79251882496, +7(495)9393673, vasilytolmanov@gmail.com
- Шинкарук
Елена Владимировна** научный сотрудник, сектор эколого-биологических исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», +79222830222, elena1608197@yandex.ru

