

# **НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК**

**ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

**ВЫПУСК № 3(96)**

## **Экология Ямало-Ненецкого автономного округа**

**Салехард  
2017**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  
ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ

# **НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК**

Ямало-Ненецкого автономного округа

Выпуск № 3 (96)

**ЭКОЛОГИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО  
АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Салехард  
2017

**Редакционная коллегия:**

**Синицкий Антон Иванович** –

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

**Вороненко Александр Григорьевич** –

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

**Лобанов Андрей Александрович** –

заместитель директора ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», д. м. н.;

**Агбалян Елена Васильевна** –

главный научный сотрудник, заведующий сектором эколого-биологических исследований  
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», д. б. н.;

**Колесников Роман Александрович** –

ведущий научный сотрудник, заведующий сектором геолого-географических исследований  
ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к. г. н.;

**Моргун Евгения Николаевна** –

начальник информационно-аналитического отдела ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»;

**Петрашова Дина Александровна** –

кандидат биологических наук, и.о. ученого секретаря Научно-исследовательского центра медико-биологических  
проблем адаптации человека в Арктике Кольский научный центр РАН.

**Редакционный совет:**

**Абакумов Евгений Васильевич** –

профессор кафедры прикладной экологии Биологического факультета  
Санкт-Петербургского государственного университета, д. б. н.;

**Богданов Владимир Дмитриевич** –

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук,  
член-корреспондент Российской академии наук, д. б. н.;

**Головнев Андрей Владимирович** –

директор Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера)  
Российской академии наук, член-корреспондент РАН, д. ист. н., профессор;

**Егоров Александр Анатольевич** –

заведующий кафедрой биогеографии и охраны природы Санкт-Петербургского государственного университета,  
доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета ботаники и дендрологии, к. б. н.;

**Кошкарева Наталья Борисовна** –

главный научный сотрудник Института филологии Сибирского отделения Российской академии наук, д. фил. н.;

**Кириллов Владимир Викторович** –

заведующий Лабораторией водной экологии Института водных и экологических проблем  
Сибирского отделения Российской академии наук, к. б. н.

Переводчик – **Серебрякова Руслана Вячеславовна** –

ведущий научный сотрудник ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», к. фил. н.

Корректор – **Сухова Екатерина Александровна** –

младший научный сотрудник ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики».

Н 34 **Научный вестник ЯНАО № 3 (96). Экология Ямало-Ненецкого автономного округа.** – № 3 (96). – Салехард,  
2017. – 120 С.

В данный «Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа» вошли статьи ямальских ученых и их коллег из других регионов России, объединенные общей тематикой изучения актуальных вопросов биологии, экологии, социологии и медицины в Ямало-Ненецком автономном округе.

ISBN 978-5-4422-0073-7



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

© Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого  
автономного округа «Научный центр изучения Арктики»

# СОДЕРЖАНИЕ:

**Е.В. Азбалин, А.А. Листищенко**

НАКОПЛЕНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ (РТУТИ И КАДМИЯ) В ПОЧВЕ, РАСТЕНИЯХ И ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ ..... 4

**Р.А. Колесников, В.М. Макеев, Е.Н. Романова, Е.В. Рожковский, Р.Д. Востриков**

СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И НАКОПЛЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОСТРОВА ВИЛЬКИЦКОГО .... 11

**Н.Б. Пыстина, Н.В. Попадько, Б.О. Будников**

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА  
НА ОСНОВЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ..... 21

**А.Н. Эйрих, Н.С. Малыгина, Т.С. Папина, Е.В. Азбалин, Р.А. Колесников, А.С. Красненко**

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО  
АВТОНОМНОГО ОКРУГА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2016 г. .... 28

**Н.В. Юркевич, О.П. Саева, В.В. Оленченко, А.И. Сеницкий**

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ТАЗОВСКОГО РАЙОНА ЯНАО ..... 32

**А.В. Соромотин, О.С. Сизов, Н.В. Приходько, Л.А. Табуркин,**

**А.А. Кормильцева, А.А. Ефимова, Т.В. Иванюк**

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОЛУБЫХ ОЗЕР  
НАДЫМ-ПУРОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ..... 42

**А.С. Печкин., В.В. Кириллов, М.И. Ковешников, А.С. Красненко.,**

**А.В. Салтыков, А.В. Тимкин, А.В. Дьяченко**

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЩУЧЬЕ..... 48

**Е.В. Румянцева, Е.Н. Шестакова, О.В. Муждаба**

ДИНАМИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ..... 53

**Н.Б. Пыстина, К.Л. Унанян, Е.Е. Ильякова, Н.С. Хохлачев, В.А. Лужков**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЛАНДШАФТОВ НА СКЛОНАХ  
В АРКТИЧЕСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ..... 62

**Р. И. Локтев, Р.А. Колесников**

ОЦЕНКА ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА  
ЭКОСИСТЕМЫ ОСТРОВА ЗАЯЧИЙ НА РЕКЕ СОБЬ ..... 69

**А.С. Красненко, А.С. Печкин, И.П. Семенюк**

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ ЛОНГЪЕГАН (ХЕЙГИЯХА) В РАЙОНЕ  
АВТОМОБИЛЬНОГО МОСТА ..... 76

**Н.Н. Беляева, М.В. Вострикова, В.В. Юрченко, Р.И. Михайлова., Д.Б. Каменецакая, И.Н. Рыжова**

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОТРУБОК НА ОРГАНИЗМ ТЕПЛОКРОВНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ..... 80

**Е.В. Шинкарук**

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ  
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ..... 84

**А.А. Коновалов, Д.В. Московченко, А.А. Тугеев**

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОТЫ НА СЕВЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ФОРМЫ  
ЕЕ ОТОБРАЖЕНИЯ..... 89

**Д.Б. Никитюк, А.К. Батурич, А.В. Погожева, А.Н. Мартинчик,**

**Э.Э. Кешабянц, В.М. Коденцова, И.В. Кобелькова, А.О. Камбаров**

ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА..... 96

**И.В. Плетянова**

ПЕРВЫЕ ИТОГИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТРУПНЫХ ЯВЛЕНИЙ ТЕЛ  
МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (ОСТРОВ БЕЛЫЙ) ..... 101

**Н.В. Ефимова, И.В. Мыльникова**

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КОРЕННОГО ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯНАО ..... 107

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ ..... 114

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ..... 115

## НАКОПЛЕНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ (РТУТИ И КАДМИЯ) В ПОЧВЕ, РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ

*Изучены особенности накопления ртути и кадмия в почве, растительности и организме животных (северный олень) в Ямало-Ненецком автономном округе. Содержание поллютантов в почвах было значительно ниже кларков. Выявлено накопление кадмия и ртути в растительности всех исследуемых участков и их повышенные концентрации в организме животных. Содержание кадмия в организме животных (печень и почки) имеет широкий диапазон значений от 0,31 мг/кг до 13,0 мг/кг, ртути – от 0,11 мг/кг до 1,22 мг/кг. Накопление поллютантов в организме животных на всех участках исследования автономного округа может свидетельствовать о глобальной загрязнении окружающей среды кадмием и ртутью.*

**Ключевые слова:** почва, растительность, животные (северный олень), кадмий, ртуть, ЯНАО.

Ртуть и кадмий являются опасными для экосистем и человека тяжелыми металлами. Тяжелые металлы характеризуются способностью к биоаккумуляции и в условиях превышения степени экспозиции приобретают свойства токсичных веществ. Метилртуть относится к нейротоксикантам и тератогенным ядам, быстро накапливается в эритроцитах, печени, почках, мозге. Кадмий приводит к декальцификации костей, разрушению печени и почек, нарушению метаболизма железа и кальция. Кадмий имеет безусловные доказательства канцерогенности [4, 7, 8, 17].

Тяжелые металлы содержатся в окружающей среде в значительных количествах. В воздухе постоянно находится до 5000 т ртути [6]. Загрязнение кадмием почв в окрестностях предприятий по добыче и переработке кадмиевых руд может достигать 60-600 г/га в год [19].

Мониторинг накопления ртути и кадмия в биотических и абиотических компонентах экосистемы представляет научный интерес и важен для своевременного выявления и предупреждения их негативного влияния на окружающую среду и здоровье населения [9, 11, 15].

Цель исследования заключается в изучении особенностей накопления и распределения ртути и кадмия в почве, растительности и организме животных.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2016 году на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на 12 участках (рис. 1). Всего исследовано 269 проб тканей животных (печень и почки северного оленя), 80 проб почв, 45 проб растительности. Пробы

тканей животных изучались в рамках государственного лабораторного мониторинга остатков запрещенных и вредных веществ в организме животных и продукции животного происхождения. Концентрации кадмия и ртути в почве и растительности исследовались в рамках регионального экологического мониторинга, организованного департаментом природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа. Химико-аналитические исследования проб тканей животных проводились во Всероссийском государственном Центре качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (г. Москва). Количественное определение кадмия и ртути осуществлялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-МС) и системой пробоподготовки, основанной на микроволновом разложении (элементный анализ). Измерения проводились в соответствии с требованиями МУ А – 1/006 «Методические указания по определению массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевых продуктах, кормах и кормовых добавках методом масс-спектрометрии с ИСП».

Химико-аналитические исследования проб почв и растительности выполнялись в аккредитованной лаборатории филиала ФГУ ЦЛАТИ по Уральскому ФО по ЯНАО. В пробах определяли содержание тяжелых металлов кадмия и ртути методами атомной эмиссии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой на поверенных спектрометрах.

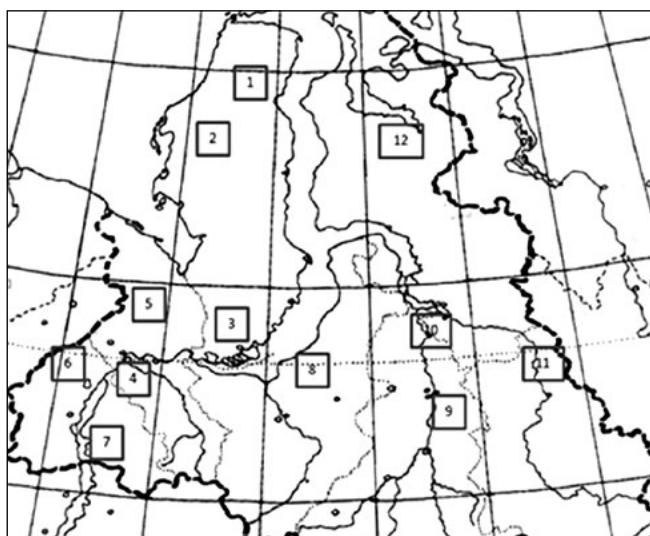


Рис. 1. Схема расположения участков исследования

**Примечание.** 1 – п-ов Ямал, северная часть; 2 – п-ов Ямал, центральная часть; 3 – западнее пос. Яр-Сале; 4 – пойма реки Обь; 5 – среднее течение реки Щучья; 6 – Полярный Урал, северная часть Шурышкарского района; 7 – правый берег реки Бол. Обь; 8 – восточный берег Обской губы; 9 – бассейн среднего течения реки Пур; 10 – нижнее течение реки Таз; 11 – северо-восточная часть Красноселькупского района; 12 – п-ов Гыдан, северная часть.

Результаты исследования. Почва – компонент ландшафта, представляющий собой основную деполирующую среду и выполняющий роль интегрального индикатора загрязнения природно-территориальных комплексов [20, 21]. Содержание кадмия в почве варьирует в широком диапазоне от 0,11 мг/кг до 1,0 мг/кг (табл. 1). Максимальные концентрации кадмия выяв-

лялись на территориях участков № 5 (среднее течение реки Щучья), 6 (Полярный Урал, северная часть Шурышкарского района) и 10 (нижнее течение реки Таз). Повышенное содержание кадмия отмечено в почвах со значительным количеством органики, накопление элемента связано с процессами аккумуляции на биогенном геохимическом барьере.

Табл. 1

**Характеристика аккумуляции кадмия в пробах почвы, растительности и тканях животных в разных районах Ямало-Ненецкого автономного округа**

Место отбора проб	Почва, мг/кг	Растительность, мг/кг	Ткани животных, мг/кг
Участок № 1	$0,44 \pm 0,24$ 0,30-0,72	$0,37 \pm 0,3$ 0,2-0,71	$2,241 \pm 1,773$ 0,35-5,5
Участок № 2	$0,64 \pm 0,17$ 0,48-0,82	$0,3 \pm 0,18$ 0,2-0,51	$2,475 \pm 2,092$ 0,33-6,5
Участок № 3	$0,44 \pm 0,26$ 0,21-0,72	$0,31 \pm 0,2$ 0,2-0,55	$3,365 \pm 3,781$ 0,44-13,0
Участок № 4	$0,49 \pm 0,08$ 0,43-0,58	0,2	$2,134 \pm 2,177$ 0,33-5,8
Участок № 5	$0,76 \pm 0,02$ 0,75-0,79	0,2	$1,821 \pm 1,936$ 0,38-7,6
Участок № 6	$0,74 \pm 0,23$ 0,58-1,0	0,2	$2,16 \pm 2,03$ 0,45-5,2
Участок № 7	$0,39 \pm 0,11$ 0,28-0,5	0,2	$4,265 \pm 2,114$ 0,85-9,2
Участок № 8	$0,52 \pm 0,38$ 0,11-0,86	$0,28 \pm 0,13$ 0,2-0,44	$2,625 \pm 3,49$ 0,31-12,0
Участок № 9	$0,24 \pm 0,1$ 0,13-0,32	0,2	$2,92 \pm 3,189$ 0,34-8,0
Участок № 10	$0,74 \pm 0,02$ 0,73-0,77	$0,21 \pm 0,02$ 0,2-0,24	$4,508 \pm 3,042$ 0,39-12,0
Участок № 11	$0,51 \pm 0,08$ 0,43-0,59	$0,6 \pm 0,73$ 0,2-1,51	$1,945 \pm 3,129$ 1,4-6,6
Участок № 12	$0,46 \pm 0,17$ 0,26-0,58	$0,28 \pm 0,12$ 0,2-0,42	$1,493 \pm 1,494$ 0,31-4,6

**Примечание.** Над чертой – среднее значение и среднее квадратичное отклонение, под чертой – минимальное и максимальное значение.

Интерес представляют исследования загрязнения поллютантами проб растительности. Накопление тяжелых металлов в кормовых культурах неизбежно приводит к увеличению их концентрации в тканях животных. Токсичные элементы обладают свойством накапливаться в организме животных с увеличением их концентраций в десятки и даже сотни раз. По результатам анализа содержание кадмия в растительности превышено во всех пробах относительно кларка. Кларк кадмия для растительности суши по В.В. Добровольскому составляет 0,035 мг/кг [13]. На участке 11, расположенном в северо-восточной части Красноселькупского района, средняя концентрация кадмия в растительности максимальная и составляет  $0,6 \pm 0,73$  мг/кг, минимальный уровень – 0,2 мг/кг, максимальные концентрации – 1,51 мг/кг (почти в 43 раза выше кларкового значения). На полуострове Ямал концентрации кадмия в растительности в каждой второй пробе превышают среднее региональное значение содержания кадмия в растениях при оценке загряз-

нения окружающей среды на территории Ямалского района (равно 0,42 мг/кг) (Справочник..., 2014).

Во всех исследованных пробах тканей животных (печень и почки) установлено повышенное содержание тяжелых металлов. Уровень среднего содержания кадмия в пробах тканей животных варьирует от  $1,493 \pm 1,494$  мг/кг до  $4,508 \pm 3,042$  мг/кг. Концентрации кадмия максимально высокие в биологических пробах на участках исследований № 3 (западнее пос. Яр-Сале), 7 (правый берег реки Бол. Обь, Шурышкарский район), 8 (восточный берег Обской губы), 10 (нижнее течение реки Таз) и составляли 13,0 мг/кг, 12,0 мг/кг и 9,2 мг/кг. В организме животных, обитающих на севере полуострова Гыдан, наименьшее содержание кадмия –  $1,493 \pm 1,494$  мг/кг.

Сопоставление аналитических данных на уровне средних величин и статистический анализ с расчетом корреляций и зависимостей между накоплением кадмия в тканях животных и содержанием в окружающей среде не выявили значимых связей (рис. 2).

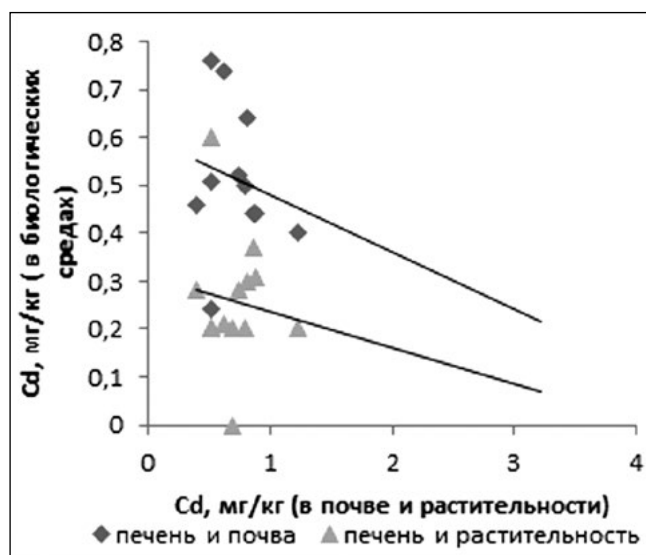
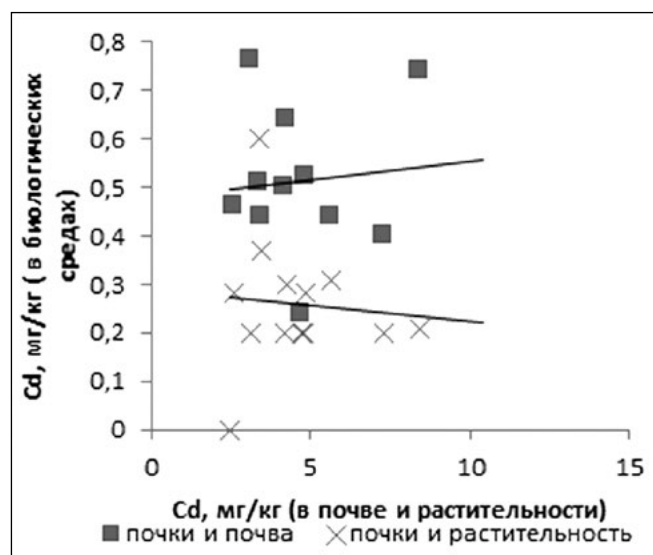


Рис. 2. Оценка зависимости накопления кадмия в биологических средах животных и его содержанием в почве и растительности

В глобальном биогеохимическом цикле ртути почва является важнейшим компонентом. Анализ концентраций ртути в почве на территории исследуемых участков свидетельствует об отсутствии превышений предельно допустимых концентраций (табл. 2). Кларк ртути в почве равен 0,01 мг/кг. В тундровых слабогумусных почвах концентрации ртути достигают 0,013-0,172 мг/кг, в болотных торфяных почвах содер-

жание токсиканта максимальное и может составлять 0,02-0,30 мг/кг [14]. Процессы торфонакопления способствуют увеличению запасов ртути в органогенных горизонтах болотных почв в связи с замедленной минерализацией органического вещества. Огромная водоудерживающая способность торфа замедляет инфильтрацию воды в почву при выпадении осадков и тем самым уменьшает вынос ртути [5].

Табл. 2

**Характеристика аккумуляции ртути в почве, растительности и организме животных в разных районах Ямало-Ненецкого автономного округа**

Место отбора проб	Почва, мг/кг	Растительность, мг/кг	Ткани животных, мг/кг
Участок №1	0,005	$0,11 \pm 0,01$ 0,1-0,13	$0,390 \pm 0,177$ 0,11-0,57
Участок № 2	0,005	$0,1 \pm 0,01$ 0,1-0,12	$0,403 \pm 0,231$ 0,12-0,92

Продолжение табл. 2

Участок № 3	0,005	0,1	$0,310 \pm 0,179$ 0,11-0,71
Участок № 4	0,005	$0,1 \pm 0,005$ 0,1-0,11	$0,413 \pm 0,199$ 0,12-0,68
Участок № 5	0,005	0,1	$0,351 \pm 0,224$ 0,12-0,78
Участок № 6	$0,009 \pm 0,007$ 0,005-0,017	$0,1 \pm 0,005$ 0,1-0,11	$0,344 \pm 0,145$ 0,12-0,44
Участок № 7	0,005	$0,11 \pm 0,02$ 0,1-0,14	$0,431 \pm 0,218$ 0,14-0,77
Участок № 8	0,005	$0,1 \pm 0,005$ 0,1-0,11	$0,397 \pm 0,245$ 0,14-0,82
Участок № 9	0,005	$0,1 \pm 0,005$ 0,1-0,11	$0,648 \pm 0,265$ 0,22-1,22
Участок № 10	0,005	$0,12 \pm 0,04$ 0,1-0,17	$0,277 \pm 0,124$ 0,13-0,58
Участок № 11	0,005	0,1	$0,281 \pm 0,251$ 0,11-0,54
Участок № 12	0,005	$0,12 \pm 0,01$ 0,11-0,14	$0,3 \pm 0,137$ 0,16-0,51

**Примечание.** Над чертой – среднее значение и среднее квадратичное отклонение, под чертой – минимальное и максимальное значение.

В торфяных почвах США концентрация ртути превышает кларк в 20 раз, в почвах Швеции – в 6 раз, в Монголии – в 30 раз, в подзолистых почвах Канады – в 6 раз [3, 18]. В Московской области фоновые концентрации ртути находятся в диапазоне от 0,030 мг/кг до 0,086 мг/кг [16].

Уровень ртути в растительности варьирует в диапазоне от 0,1 мг/кг до 0,17 мг/кг. Среднее содержание ртути на всех участках исследования не превышает 0,12 мг/кг. Концентрации ртути в растительности во всех исследованных пробах были выше соответствующего кларка в два и более раз (кларк растительности суши для ртути равен 0,05 мг/кг).

Концентрации ртути в пробах тканей животных находятся в значительных пределах от 0,11 мг/кг до 1,22 мг/кг. Максимальные уровни накопления ртути в организме животных выявлены в бассейне среднего течения реки Пур, в бассейне реки Обь (участки № 9, 7 и 4) и в центральной части полуострова Ямал (участок № 2).

Зависимость между содержанием ртути в тканях животных и ее концентрациями в растительности и почве не обнаружена (рис. 3).

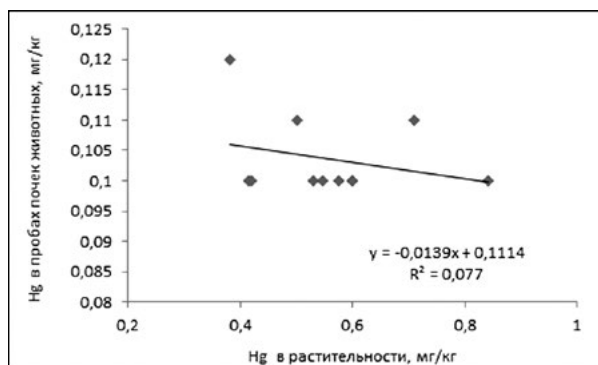


Рис. 3. Зависимость содержания ртути в тканях животных и концентраций ртути в растительности

Географический анализ содержания поллютантов в биологических пробах животных выявил тенденцию увеличения концентраций кадмия от севера к югу, равномерную загрязненность ртутью со статистически более высокими концентрациями ртути в организме животных центральной части полуострова Ямал, поймы реки Обь, бассейна среднего течения реки Пур.

Крупные млекопитающие – это наиболее уязвимый компонент природы, чутко реагирующий на ее малейшие антропогенные изменения [10]. В животных организмах кадмий накапливается преимущественно в почках. Концентрации кадмия растут по мере жизни животного в связи с низким выведением его из организма [2]. Известны работы, в которых приведены данные о содержании кадмия в почках лосей – 31,8 – 100,5 мг/кг и в почках оленей – 20,9 – 39,0 мг/кг. Исследования проводились в Канаде (Квебеке) [1]. Сравнительная оценка содержания кадмия в печени северных оленей указывает на глобальный характер загрязнения биосферы кадмием. Содержание кадмия в печени северных оленей Норвегии (плато Хардангервидда) было равно  $5,6 \pm 0,6$  мг/кг, Кольского полуострова (окрестности Ловозера) –  $2,9 \pm 1,6$  мг/кг, Чукотки –  $10,1 \pm 6,6$  мг/кг [22]. В печени северных оленей ЯНАО уровень содержания кадмия варьировал от 0,32 мг/кг до 2,0 мг/кг, в почках максимально высокая концентрация кадмия была равна 13,0 мг/кг.

В регионе с относительно благоприятной ситуацией по загрязнению биосферы ртутью (Белгородская область, Чернянский район) содержание ртути в почках лосей составляло 0,017 мг/кг, в печени 0,013 мг/кг [23]. В почках крупного рогатого скота концентрации ртути варьировали от 0,0059 мг/кг до 0,011 мг/кг. В печени северных оленей ЯНАО содержание ртути находилось



в диапазоне от 0,11 мг/кг до 0,55 мг/кг и в почках – от 0,15 мг/кг до 1,2 мг/кг.

Полученные данные о накоплении кадмия и ртути в организме животных (северных оленей) Ямало-Ненецкого автономного округа диктуют настоятельную необходимость усиления контроля за содержанием поллютантов в природных средах, накоплением в пищевых цепях и проведения энергичных мероприятий по снижению или устранению воздействия.

Для всесторонней оценки уровня содержания ртути и кадмия в компонентах окружающей среды и выявления источников поллютантов информации явно недостаточно. Исследования необходимо продолжить.

### **ВЫВОДЫ**

Содержание кадмия и ртути в почвах Ямало-Ненецкого автономного округа значительно ниже соответствующих предельно допустимых концентраций (ориентировочно допустимых концентраций) и кларков для почв.

Выявлено накопление кадмия и ртути в растительности всех исследуемых участков. Среднее содержание кадмия в растительности почти в девять раз выше кларка. Максимальное содержание кадмия установлено в растительности северо-восточной части Красноселькупского района (0,2-1,51 мг/кг). Содержание ртути

в растительности в два и более раз было выше кларка растительности суши.

Содержание кадмия в организме животных имеет широкий диапазон значений от 0,31 мг/кг до 13,0 мг/кг. Установлен повышенный уровень загрязнения кадмием территории автономного округа юго-западнее пос. Яр-Сале, правый берег реки Бол. Обь, восточный берег Обской губы, нижнее течение реки Таз (13,0 мг/кг, 12,0 мг/кг и 9,2 мг/кг).

Содержание ртути в организме животных варьирует в широких пределах от 0,11 мг/кг до 1,22 мг/кг. Максимальные уровни аккумуляции ртути выявлены в центральной части полуострова Ямал, в пойме реки Обь, в бассейне среднего течения реки Пур.

Накопление поллютантов в организме животных на всех участках исследования автономного округа может свидетельствовать о глобальном загрязнении окружающей среды кадмием и ртутью. Загрязнение окружающей среды поллютантами обуславливает повышенные риски для здоровья населения.

Известно, что значительная часть токсических веществ поступает в организм человека с продуктами питания. Потребление в пищу коренными жителями местных продуктов питания с повышенными концентрациями токсичных металлов сопровождается их аккумуляцией в организме человека.

ЛИТЕРАТУРА

- Crkte M. Potvin F., Walsh P., Benedetti J-L., Lefebvre M.A., Weber J-F., Paillard G., Gagnon J. Pattern of cadmium contamination in the liver and kidneys of moose and white-tailed deer in Quubec// *The Science of the Total Environment*. Vol. 66. – 1987. – P. 45-53.
- Frosly A., Norheim C., Rambaek J.P., Steinnes E. Heavy metal contamination in organs of red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*) and the effect on some trace elements// *Science of the Total Environment*. Vol. 144 (1-3). – 1994. – P. 191-199.
- Grigal D.F. Spatial distribution patterns of mercury in an East-Central Minnesota landscape/ D.F. Grigal, E.A. Nater, P.S. Homann // In book *Mercury pollution: toward integration and synthesis* / Ed. Watras C.J., Huckabee J. Lewis Publ. – 1994. – P. 305-317.
- Guallar E., Mercury, fish oil, and the risk of myocardial infarction/ E.Guallar, M.I. Sanz-Gallardo, P.van't Veer, et al.// *New England Journal of Medicine*. – 2002. – Vol.347(22). – P. 1747-1754.
- Influence of Watershed Characteristics on Mercury levels in Wisconsin Rivers/ J.R. Hurley [at al.]/*Environ. Sci. Technol.* – 1995. – № 137. – P. 1867 – 1875.
- Socioeconomic Consequences of Mercury Use and Pollution/E.B. Swain [at al.]/*AMBIO*. – 2007. – V.36. – P. 45-61.
- WHO technical report series 959. Evaluation of certain contaminants in food. Seventy second report of Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. – 2011. – P. 55.
- WHO technical report series 960. Evaluation of certain food additives and contaminants. Seventy-third report of Joint FAO/WHO Expert Committee on Additives. – 2010. – P. 149.
- Антипова Н.А., Котляр Н.Н., Коваленко Д.Б. Токсикологическая опасность функциональных изменений сердечно-сосудистой системы у экспонированного населения черной металлургии// *Экология человека*. – 2010. № 8. – С. 13-20.
- Баскин Л.М., Охлопков И.М. Охрана крупных млекопитающих от промышленных угроз. – М.: Товарищество научных изданий КМК М., 2012. – 201 с.
- Грановский Э.И. Загрязнение ртутью окружающей среды и методы демеркуризации / Э.И. Грановский, С.К. Хасенова, А.М. Дарищева. – Аналитический обзор. Алматы: Казгос ИНТИ, 2001. – 98 с.
- Густайтис М.А., Мягкая И.Н., Щербов Б.Л., Лазарева Е.В. Миграция ртути в техногенных системах с экстремально высокими содержаниями ртути (Урское хвостохранилище, Кемеровская область)// *Науки о Земле*. Современное состояние: материалы II Всерос. молодеж. науч.-практ. шк. - конф. – Новосибирск. – 2014. – С. 163-165.
- Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1983. – 272 с.
- Дорожукова С.Л. Природные уровни ртути в некоторых типах почв нефтегазоносных районов Тюменской области/ С.Л. Дорожукова, Е.П. Янин, А.А. Волох// *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. – 2000. – № 1. – С. 157-161.
- Дулатова Г.М. Гигиеническая оценка уровней накопления ртути в организме работающих и разработка способа ее выведения: автореф. дисс. канд. биол. наук. – Москва, 1996. – 24 с.
- Ермаков В.В. Биогенная миграция и детоксикация ртути / В.В. Ермаков// *Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва, 7-9 сентября 2010 г.)*. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 5-12.
- Зимица О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека// *Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы*. – Хабаровск, 2001. – № 4. – С. 99-105.
- Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/ А. Кабата-Пендиас, Г. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растения» в лесостепной зоне Красноярского края. *Scientific magazine "Kontsep"*. – 2012. – 250 с.
- Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири // *География и природные ресурсы*. – 2006. – №1. – С. 63-70.
- Московченко Д.В., Валева Э.И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках на севере Западной Сибири// *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. – 2011. – №11. – С. 162-172.
- Скуглант Т., Баскин Л.М., Эспелиен И.С., Странд У. Содержание тяжелых и радиоактивных металлов в теле северных оленей из разных популяций // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. – № 6. – С. 19-24.
- Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Габрашанска М.П., Нанев В.Н., Анисимова М.В. Ртуть и селен в организме диких и домашних животных// *Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва, 7-9 сентября 2010 г.)*. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 326-330.

*E.V. Agbalyan, A.A. Listishenko*

## ACCUMULATION OF POLLUTANTS (MERCURY AND CADMIUM) IN SOIL, PLANTS AND ANIMALS

---

*The peculiarities of accumulation of mercury and cadmium in soil, plants and animals (reindeer) in the Yamal-Nenets Autonomous District have been studied. The content of pollutants in soils was significantly lower than clarkes for soils. The accumulation of cadmium and mercury in plants of all the investigated areas and their increased concentrations in animals are revealed. The cadmium content in the animal body (liver and kidneys) has a wide range of values from 0.31 mg / kg to 13.0 mg / kg, mercury ranges from 0.11 mg / kg to 1.22 mg / kg. The accumulation of pollutants in the body of animals in all areas of the Autonomous District may indicate a global pollution of the environment by cadmium and mercury.*

**Keywords:** soil, vegetation, animals (reindeer), cadmium, mercury, Yamal-Nenets Autonomous District.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ОЦЕНКА НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ОСТРОВА ВИЛЬКИЦКОГО

*Среди проблем экологической безопасности в Арктике объекты накопленного экологического вреда имеют ключевое значение. В статье рассматривается состояние окружающей среды на острове Вилькицкого. Авторами проведена инвентаризация нарушенных и загрязненных участков, объектов негативного воздействия бывшей инфраструктуры арктического острова. Изучен современный почвенно-растительный покров, проведены радиоэкологические и гидроэкологические исследования. Установлено, что наибольшему антропогенному воздействию подверглась северная часть острова в районе нахождения объектов Министерства обороны и Росгидромета.*

**Ключевые слова.** Арктика, экология, остров Вилькицкого, природно-территориальные комплексы, накопленный вред окружающей среде, экологическая безопасность.

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность НП «Российский центр освоения Арктики» и лично директору А.В. Барышникову за оказанную организационную поддержку при проведении полевых исследований, волонтерам МОЭО «Зеленая Арктика» за помощь в выявлении и инвентаризации объектов накопленного вреда окружающей среде, Г.А. Андрееву и П.Н. Хандорину за предоставленный фотоматериал и участие в полевых маршрутах.

### ВВЕДЕНИЕ

Активная хозяйственная, военная и научная деятельность в Арктике в советский период резко изменилась в 90-е годы в связи со сменой экономического курса страны, что вынудила многие организации прекратить свою деятельность и спешно покинуть объекты, оставив после себя постройки, значительные запасы ГСМ, угля, техники, оборудования и многочисленные разнообразные отходы, накопившееся и не вывозившиеся в течении длительного времени. В результате в районах жизнедеятельности как на континенте, так и на островах Арктики сформировались так называемые «горячие точки», представляющие собой территории на которых наряду с разрушающими строениями разбросаны тысячи бочек, цистерн, механизмов и оборудования, проржавевшие суда и баржи, свалки бытовых и технических отходов. Грунты и водные объекты оказались загрязненными нефтепродуктами и токсичными веществами.

В условиях низких температур, экранизирующего эффекта многолетних мерзлых пород, слабой окислительно-восстановительной реакции почв самовосстановление компонентов природной среды идет крайне медленно и поэтому загрязняющие вещества способны неопределенно долго сохраняться в природной среде и негативно влиять на состояние арктических экосистем и здоровье человека.

В результате одной из основных проблем арктических регионов сегодня стала проблема накопленного вреда окружающей среде. При этом необходимо отметить, что она существует не только в российской Арктике, но и во всех арктических странах [1].

Страны Арктического совета, в том числе и Россия в последние годы вопросу ликвидации накопленного вреда уделяют особое внимание. Так, например, в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года утверждённой Президентом Российской Федерации В.В. Путиным «ликвидация экологического ущерба, причиненного в результате прошлой хозяйственной, военной и иной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» является приоритетным направлением [2].

Правительство Ямало-Ненецкого автономного округа, территория которого полностью входит в состав Арктической зоны Российской Федерации, также одним из главных направлений улучшения социально-экономического положения региона определило охрану окружающей среды и ликвидацию накопленного экологического вреда. Выступая на третьем международном правовом форуме в Санкт-Петербурге Губернатор ЯНАО Д.Н. Кобылкин назвал ликвидацию накопленного вреда окружающей среде ключевой задачей в Арктической зоне. В регионе разрабо-

тана дорожная карта по ликвидации накопленного вреда окружающей среде. В период с 2011 по 2013 годы в ЯНАО проведена крупномасштабная работа по выявлению объектов накопленного вреда окружающей среды. Результатом работы стало формирование перечня из 86 объектов, из которых за последние 4 года ликвидировано 8. Работы выполняются за счет бюджета Ямало-Ненецкого автономного округа при поддержке предприятий-недропользователей. В 2017 году Губернатором ЯНАО дано поручение приступить к работам по ликвидации накопленного вреда окружающей среде на острове Вилькицкого.

Несмотря на то, что здесь длительное время находились склады ГСМ, пункт противоздушной обороны, полярная станция, а образовавшиеся отходы не переработаны и не вывезены, специальных исследований по оценке присутствия загрязняющих веществ в почвах, воде, растительности ни разу не проводилось. Также крайне скупа информация о почвенно-растительном покрове, особенностях геологического строения острова, активности природных процессов.

В июле 2017 года сотрудниками ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Российского государственного гидрометеорологического университета, волонтерами МОЭО «Зеленая Арктика» при организационной поддержке НП «Российский центр освоение Арктики» была проведена научная экологическая экспедиция на остров Вилькицкого, целью которой являлось изучение современного состояния природно-территориальных комплексов и инвентаризация объектов накопленного вреда окружающей среде.

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Остров Вилькицкого располагается в восточной части Карского моря. Центральная часть острова представляет собой участок суши шириной около 9 км и длиной около 18 км. С запада и востока к острову примыкают две песчаные косы. Восточная коса имеет длину 24 км, ширина изменяется от 3 до 0,3 км. Длина западной косы достигает 13 км, ширина уменьшается от 2 до 0,5 км. В настоящее время остров необитаемый, какие либо работы не ведутся, функционирует лишь автоматическая метеостанция, также имеется не работающий маяк.

### ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Остров находится в Атлантической области Арктического климатического пояса [3]. Климат арктический с длительной холодной зимой, долговременным залеганием снежного покрова, коротким и прохладным летом. На формирование климатических условий основное влияние оказывает неравномерное поступление в течение года солнечной радиации, атмосферная циркуляция и воздействие северного ледовитого океана. Продолжительность безморозного периода 55-65 дней в году. Среднегодовые температуры воздуха отрицательные:  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-12^{\circ}\text{C}$ . Наиболее холодные месяцы - январь и февраль, средняя температура  $-24^{\circ}\text{C}$ . Самые теплые месяцы года - июль и август, средние температуры  $+4^{\circ}\text{C}$ . Годовая сумма осадков 300-350 мм, летом количество осадков незначительное (в июле

34 мм). На острове фиксируются сильные ветра, скорость которых может достигать более 40 м/с [4, 5].

Согласно комплексному физико-географическому районированию остров Вилькицкого относится к Приновоземельско-Карской подпровинции Обь-Енисейско-Карской области Внешнеарктической зоны. Сложен преимущественно песчаными морскими отложениями голоценового возраста (QIV) находящимися ниже сезонно-талого слоя в мерзлом состоянии [6].

Геоморфологически территория представлена типичной морской аккумулятивной равниной. Абсолютные высоты не превышают 2-6 метров над уровнем моря. Рельеф местности практически плоский, осложнен термокарстовыми понижениями, нередко заполненными водой. Микрорельеф кочковатый, ядром кочек является осоковая или злаковая растительность.

В центральной и южной частях острова часто встречаются полигональные поверхности – плоско-полигональные (рисунок 1) и валико-полигональные (рисунок 2). Первые возникают на ровных относительно возвышенных участках. Вторые приурочены к несколько пониженным плоским участкам.



Рис. 1. Плоско-полигональные поверхности



Рис. 2. Валико-полигональные поверхности

На отдельных участках морские песчаные отложения, которыми сложен остров, перевеяны и образуют эолово-аккумулятивные формы рельефа, в основном представленные эоловым кочковатым микрорельефом (рис. 3).



Рис. 3. Золово-аккумулятивные формы рельефа о. Вилькицкого

В северо-восточной и восточной частях острова вдоль берега развита лайда (рис. 4). Очевидно, что эта территория до сих пор находится под влиянием рельефообразующей деятельности Карского моря. Вероятно,

что при сгонно-нагонных ветрах она осушается или заливается морской водой (косвенно об этом указывает плавник в существенном количестве, находящийся вдали от береговой линии).



Рис. 4. Лайдовая равнина

Территория острова расположена в подзоне арктических тундр. На острове отмечается пятнистость растительного покрова, образованная сочетанием тундровых сообществ и участков лишенных растительности. Максимальное покрытие растительностью наблюдается в центральной части острова, где наряду с участками разреженной растительности встречаются участки сплошного покрова. Однако их площадь незначительна - около 25 % от площади центральной части острова. Арктическая тундра представлена мохово-травяно-кустарничковыми сообществами, где доминируют осоки, пушица, присутствует мятлик арктический и другие злаки, единично встречаются кустарнички (ива полярная). На заболоченных участках, приуроченных к термокарстовым понижениям, доминируют пушица и осоки.

По почвенно-географическому районированию территория острова Вилькицкого входит в арктическую зону арктических и тундровых почв Евразийской полярной области Полярного пояса [7]. В ходе исследований установлено, что почвенный покров не отличается разнообразием, однако присутствует определенная мозаичность выражающейся в частой смене мелких пятен почв, когда те или иные почвы занимают небольшие площади и сменяют друг друга. Некоторые довольно значительные участки вовсе не имеют почвенного покрова.

Почвы и породы, на которых они формируются, оттаивают на глубину 40-100 см. Летом часть профиля

сильно переувлажнена из-за застаивания влаги образовавшейся при таянии внутрипочвенного льда над мерзлотными породами. В большинстве случаев с глубины 25-40 см начинает сочиться вода. За счет инсоляции и ветра с поверхности почва со временем пересыхает, может растрескиваться. Зачастую в верхней части профиля (0-2 см) формируется пористая корочка, особенно на участках лишенных растительности.

Почвы острова Вилькицкого характеризуются слабо развитым маломощным профилем, для которого характерна незначительная дифференциация по морфологии. Обычно профиль состоит из двух горизонтов. Окраска верхнего горизонта коричнево-бурая с сероватым оттенком, нижнего бурая или серая. Почвы характеризуются значительной скелетностью.

Отмечается скопление полторных окислов обусловленная криогенным подтягиванием железа. Признаки оглеения в большинстве вскрытых профилях отсутствуют. Связано это с тем, что летом количество осадков незначительно. Исключение составляют почвы, сформированные на отложениях более тяжелого гранулометрического состава находящихся в переувлажненном состоянии на заболоченных участках. Ниже приведены описания почвенных разрезов на участках развития сплошного и разреженного покрова (ОВ-П-4-17, ОВ-П-47-17 и ОВ-П-48-17), расположенных к югу от полярной станции.

Разрез ОВ-П-4-17: надпочвенный покров: осоки, мох, пушица. ОПП = 100 % (рисунки 5 и 6). Многолетнемерзлые породы залегают на глубине 40 см.

0-5 см, состоит из слабо- и среднеразложившихся растительных остатков, темно-серый с бурым оттенком, влажный, рыхлый, корни травянистой и моховой растительности, переход резкий по цвету, граница слабоволнистая.



Рис. 5. Почвенный профиль разреза ОВ-П-4-17



Рис. 6. ПТК в месте заложения разреза ОВ-П-4-17

5-10 (11) см, серый, песчаный, пронизан корнями травянистой растительности, влажный, более плотный, чем вышележащий, мелкокомковатый, переход постепенный по цвету, слабоволнистая.

10 (11)-22 см, серый с охристыми пятнами, песчаный, рыхлый, рассыпчатый, мокрый, с глубины 22 см сочится вода.

Разрез ОВ-47-17: осоково-пушицевое болото. Надпочвенный покров: осока, пушица, мох зеленый. ОПП = 100 % (рисунки 7 и 8). Микрорельеф: кочкарник

0-1 см, состоит из слаборазложившихся растительных остатков, темно-бурого цвета, мокрый, уплотнен, пронизан корнями травянистой растительности, переход постепенный по цвету, граница слабоволнистая.

1-10 (12) см, серый с буроватым и сизоватым оттенками, песок с плохо и среднеразложившимися растительными остатками, пронизан корнями травянистой растительности, уплотнен, комковат за счет того что частицы связаны корнями растительности, граница волнистая, переход ясный по цвету.

10 (12)-28 см, сизый, песок иловатый (либо суглинок тяжелый??), в верхней части более опесчанен, в верхней части рыхлый в нижней уплотненный, мокрый, структура плитовидная, охристые пятна в низу горизонта, с глубины 28 см сочится вода.



Рис. 7. Профиль разреза ОВ-П-47-17



Рис. 8. ПТК в месте заложения разреза ОВ-П-47-17

Разрез ОВ-П-48-17: надпочвенный покров - осоки, которые являются ядром кочек. ОПП = 30 %. Микрорельеф: кочкарник (рисунки 9 и 10). Многолетнемерзлые породы на глубине 100 см.

0-1 см, пористая корочка темно-серого цвета, граница волнистая, переход резкий по цвету.

1-40 см, песок светло-бурого цвета, уплотнен, мелкокомковатая структура, пронизан корнями травянистой растительности, граница волнистая, переход резкий по цвету.

40-60 см, бурый с серым оттенком, средний суглинок, уплотнен, структура плитовидная, влажный, граница волнистая, переход резкий.

60-100 см, бурый, песчаный, уплотнен, мелкокомковатая структура, влажный, с глубины 95 см сочится вода.



Рис. 9. Профиль разреза  
ОВ-П-48-17



Рис. 10. ПТК в месте заложения разреза ОВ-П-48-17

Что касается водных объектов, находящихся в северной части острова в районе метеостанции и базы ПВО, то на момент проведения исследований они представлены

небольшими, неглубокими термокарстовыми озерами и западинами площадью до 5000 м<sup>2</sup>, и вытекающими из них ручьями (табл. 1).

Табл.1

**Характеристика водных объектов**

Название точки отбора	Водный объект и место отбора проб воды	Глубина, см	Наличие источников и признаков загрязнения
ОВ-В-1	Термокарстовое озеро, 600 м на юг от полярной станции	40	Не наблюдается
ОВ-В-2	Термокарстовая западина на территории полярной станции	20	В 20 м склад ГСМ, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-3	Термокарстовое озеро в южной части полярной станции	30	В 100 м от жилого комплекса полярной станции
ОВ-В-4	Ручей в юго-восточной части полярной станции, 40 м от впадения в озеро (ОВ-В-3)	15	В 100 м от жилого комплекса полярной станции
ОВ-В-4 (15)	Ручей, 400 м западнее полярной станции, 150 м от моря	30	На поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-4 (16)	Приустьевое взморье ручья (эрозионно-абразионный уступ левого берега), 500 м западнее полярной станции, 50 м от моря	70	Не наблюдается
ОВ-В-6	Термокарстовая западина в северной части пункта ПВО	15	50 м от здания казарм, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-7	Термокарстовая западина в северо-восточной части пункта ПВО	25	50 м от склада ГСМ, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-8	Термокарстовая западина в восточной части пункта ПВО	25	10 м от свалки остатков технического оборудования, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-9	Термокарстовая западина, 50 м от северной границы пункта ПВО	30	50 м от пункта ПВО
ОВ-В-10	Термокарстовая западина, 50 м от западной границы пункта ПВО	20	50 м от пункта ПВО, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-11	Болотце в юго-восточной части пункта ПВО	40	Бочки ГСМ, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-12	Термокарстовая западина, в 50 м от южной границы пункта ПВО	35	50 м южнее пункта ПВО, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-13	Термокарстовая западина на южной границе пункта ПВО	40	5 м от котельной пункта ПВО, на поверхности воды радужные пятна
ОВ-В-14	Термокарстовая западина в центральной части пункта ПВО	25	строения пункта ПВО, пешеходные мостки



Водные объекты, образованные в результате таяния снега и мерзлоты, имеют сезонный характер, так как в результате испарения происходит уменьшение площади озер и западин, а также пересыхание ручьев. Величина водородного показателя находится в интервале (7,8-9,6) ед. рН, содержание растворенного кислорода высокое, от 8,8 мг/дм<sup>3</sup> до 14,7 мг/дм<sup>3</sup>, по химическому составу воды относятся к хлоридно-карбонатному типу. Окраска воды от бесцветной до слабо-желтоватой, показатель цветности в диапазоне (20-96) градусов цветности по хромово-кобальтовой шкале.



Рис. 11. Расположение точек отбора из термокарстовых западин

Пробы воды для определения суммарного содержания растворенных нефтепродуктов (НП) экстрагировали гексаном и определяли в лаборатории флуориметрическим методом. Результаты анализа показали, что концентрации НП находятся в диапазоне (0,05-0,12) мг/дм<sup>3</sup> в объектах, где на поверхности воды наблюдается радужная пленка. Максимальное содержание НП – 1,04 мг/дм<sup>3</sup> обнаружено в западине ОВ-В-2, расположенной в 20 м от склада ГСМ на метеостанции, что в 100 раз больше минимального значения, в точке ОВ-В-4 (16) – 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 11, 12).



Рис. 12. Радужная пленка нефтепродуктов на участке термокарстовой западины (точка отбора ОВ-В-2)

Содержание растворенных форм тяжелых металлов в фильтрованных и законсервированных на месте отбора пробах определяли в Эколого-аналитической лаборатории РГГМУ атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией, а ртути – методом «холодного пара». Ртуть обнаружена в пробах ОВ-В-10, ОВ-В-11, ОВ-В-12 (рис. 13) на уровне 0,014 мкг/дм<sup>3</sup>, в точке ОВ-В-4(15) – 0,029 мкг/дм<sup>3</sup>.



Рис. 13. Термокарстовая западина (точка отбора ОВ-В-12)

Максимальная концентрация – 0,11 мкг/дм<sup>3</sup> в точке ОВ-В-2.

Содержание кадмия во всех пробах ниже предела обнаружения метода – менее 0,2 мкг/дм<sup>3</sup>, никеля – менее 5 мкг/дм<sup>3</sup>. Количество растворенных форм цинка находится в диапазоне (22-29) мкг/дм<sup>3</sup> в точках ОВ-В-4, ОВ-В-6, ОВ-В-7 (рис. 14) и ОВ-В-8, в точке ОВ-В-2 – 45 мкг/дм<sup>3</sup>, в остальных водных объектах менее 5 мкг/дм<sup>3</sup>.



Рис. 14. Термокарстовая западина (точка отбора ОВ-В-7)

Концентрация меди в исследуемых пробах не превышает 2,3 мкг/дм<sup>3</sup>, свинец – ниже предела обнаружения метода – менее 2 мкг/дм<sup>3</sup>, кроме точки ОВ-В-2 – 2,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Количество марганца в пробах воды довольно в широком диапазоне – (27-91) мкг/дм<sup>3</sup>, в точке ОВ-В-13 – 140 мкг/дм<sup>3</sup>, в точке ОВ-В-9 – 340 мкг/дм<sup>3</sup>, в точке ОВ-В-11 –

380 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 15), высокие концентрации элемента могут быть результатом загрязнения или началом процесса заболачивания. Суммарное содержание железа (Fe+2, Fe+3) находится в диапазоне (0,14-0,89) мг/дм<sup>3</sup>, кроме точки ОВ-В-2 – 2,0 мг/дм<sup>3</sup>, что указывает на явное загрязнение.



Рис. 15. Заболоченный участок (болотце) – точка отбора ОВ-В-11

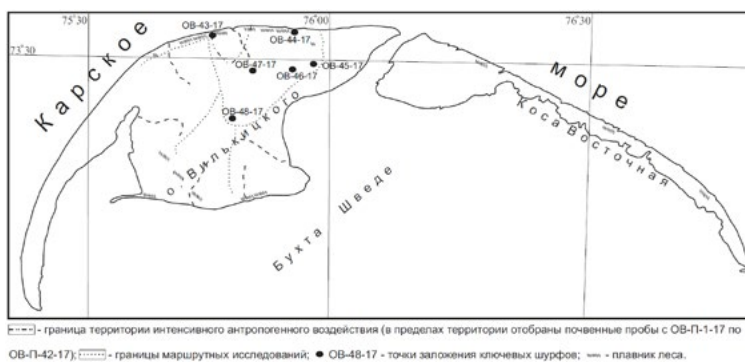


Рис. 16. Зона антропогенного влияния и границы исследований

По результатам химико-аналитических исследований можно сделать вывод, что водные объекты в районе исследований повсеместно загрязнены нефтепродуктами. Наибольшие концентрации нефтепродуктов и растворенных металлов обнаружены возле бывших складов ГСМ, котельной базы ПВО и в местах скопления ржавого железа и строительного мусора.

В ходе выполнения полевых работ установлено, что наибольшему антропогенному воздействию подверглась северная часть острова Вилькицкого. Расположенные здесь зоны бывшего хозяйственного использования стали очагами загрязнения и нарушения естественных природно-территориальных комплексов (рис. 16). Загрязнения носят локальный характер и являются следствием функционирования выведенных из эксплуатации объектов Министерства обороны и Росгидромета.

По результатам проведенного обследования на территории острова выделено девять основных участков, подверженных сильному антропогенному воздействию (табл. 2). На этих территориях находятся сотни бочек, цистерны, пришедшие в негодность оборудование и техника, остатки зданий и сооружений, аккумуляторы свинцово-кислотные и т.д. Заброшенные объекты сопровождаются шлейфом свалок бытовых и производственных отходов. Особое опасение вызывают емкости с ГСМ, в результате коррозии металлов отмечается протечка ГСМ на рельеф.

Помимо этих основных загрязненных участков, в разных частях острова встречаются одиночные брошенные бочки из-под ГСМ, неработающая техника, балки. Также практически повсеместное захламление береговой линии плавником леса.

Табл. 2

**Инвентаризация объектов накопленного вреда окружающей среде острова Вилькицкого**

№ п/п	Местонахождение	Площадь, га (загрязненного участка, несанкционированной свалки)	Вид отходов
1.	Северный берег о. Вилькицкого	Несанкционированная свалка площадью 7,08 га	Твердые производственные (200-литровые бочки, цистерны 25-тонные, автотехника, узлы и агрегаты, металлолом, баржа, резиновые шины). Жидкие производственные (ГСМ)
2.	Северный берег о. Вилькицкого	Неэксплуатируемый склад ГСМ площадью 0,33 га	Металлолом (цистерны из-под ГСМ 25 т и 50 т, 200-литровые бочки, трубы металлические)
3.	Территория полярной станции и маяка	Загрязненный и захламленный участок площадью 4,98 га	Твердые производственные (200-литровые бочки, цистерны 25- и 50-тонные, автотехника, узлы и агрегаты, металлолом, резиновые шины, ртутные термометры, лампы люминесцентные, аккумуляторы свинцово-кислотные). Жидкие производственные (ГСМ). Твердые бытовые отходы и мусор. Разрушенные постройки из древесины, металла, стекла, кирпича, шифера. Разливы нефтепродуктов на рельеф местности площадью 0,9 га
4.	Северная окраина полярной станции	Несанкционированная свалка площадью 2,25 га	Твердые производственные (200-литровые бочки, узлы и агрегаты, металлолом, резиновые шины, ртутные термометры, лампы люминесцентные, аккумуляторы свинцово-кислотные). Твердые бытовые отходы и мусор

5.	Территория пункта противоздушной обороны	Загрязненный и захламленный участок площадью 1 га	Разрушенные постройки из древесины, металла, стекла, кирпича, шифера. Твердые производственные (200-литровые бочки, цистерны 25- и 50-тонные, автотехника, узлы и агрегаты, металлолом, резиновые шины, ртутные термометры, лампы люминесцентные, аккумуляторы свинцово-кислотные). Жидкие производственные (ГСМ). Твердые бытовые отходы и мусор. Разливы нефтепродуктов на рельеф местности площадью 0,3 га и в прилегающие водоемы
6.	Восточная окраина пункта ПВО	Несанкционированная свалка площадью 4,08 га	Твердые производственные (200-литровые бочки, остатки автотехники, узлы и агрегаты, металлолом, резиновые шины, аккумуляторы свинцово-кислотные). Твердые бытовые отходы и мусор.
7.	Западная окраина пункта ПВО	Несанкционированная свалка площадью 2,34 га	Твердые производственные (200-литровые бочки, остатки автотехники, узлы и агрегаты, металлолом, резиновые шины, аккумуляторы свинцово-кислотные). Твердые бытовые отходы и мусор.
8.	Трубопровод от склада ГСМ на берегу Карского моря к пункту ПВО	Длина 890 м	Трубы металлические, бочки 200-литровые
9.	Трубопровод от водоема к пункту ПВО	Длина 1000 м	Трубы металлические, бочки 200-литровые

Общая площадь нарушенных, загрязненных и захламленных земель превышает 22 га. Особое опасение вызывают разливы горюче-смазочных материалов на поверхность суши и в водные объекты. Разливы встречаются на территории полярной станции, пункта ПВО, а также на северном берегу Карского моря в районе склада ГСМ и зоны выгрузки. На территории указанных объектов почвогрунты пропитаны нефтепродуктами с глубины 5-10 см. Надмерзлотные воды, как и воды поверхностных объектов тоже загрязнены нефтепродуктами и имеют характерную радужную пленку (рис. 17).



Рис. 17. Разлив ГСМ на берегу Карского моря

Накопленный вред окружающей среде на острове Вилькицкого составляют пустующие постройки, бывшие казармы военных и здания полярной станции, брошенная техника, цистерны и бочки из-под ГСМ, бытовые,

производственные, строительные отходы, аккумуляторы свинцово-кислотные, лампы люминесцентные, разливы ГСМ на почво-грунты и в водные объекты.

### ВЫВОДЫ

В ходе исследования установлено, что остров Вилькицкого в геоморфологическом отношении представлен типичной морской аккумулятивной равниной и сложен песчаными морскими отложениями голоценового возраста (QIV). Поверхность осложнена термокарстовыми понижениями, плоско-полигональным и валико-полигональным рельефом, часто встречаются эолово-аккумулятивные формы рельефа. Многолетнемерзлые породы находятся на глубине 40-100 см.

Гидрографическая сеть представлена термокарстовыми озерами и западинами, болотами и вытекающими из них ручьями, которые ближе к морю образуют приустьевое взморье.

Почвенно-растительный покров не отличается разнообразием. На значительной части острова он фактически отсутствует, отмечается пятнистость его распространения. Почвы в основном арктические, реже тундровые, длительно промерзающие, имеют маломощный морфологически слабодифференцированный профиль, состоящий из двух, очень редко трех горизонтов. Процессы оглеения характерны только для почв, развивающихся на песках иловатых на заболоченных берегах небольших термокарстовых озер. Растительность представлена мохово-травяно-кустарничковыми сообществами, доминируют осоки и пушица. На большей части территории общая площадь проективного покрытия растительностью изменяется от 0 до 40 %. Участки сплошного покрытия

встречаются редко, в основном в центральной части острова, и на заболоченных участках.

Наибольшему антропогенному влиянию была подвержена северная часть острова. На данной территории находятся заброшенные объекты инфраструктуры пункта ПВО и полярной станции. Вокруг них, а также на берегу Карского моря расположены несанкционированные свалки твердых бытовых и производственных отходов, груды металлолома, цистерны и бочки из под ГСМ.

Почвогрунты, поверхностные водные объекты на данных участках загрязнены нефтепродуктами, в пробах воды обнаружена ртуть. В летний период с талыми водами, а также с водами, образованными при таянии внутрипочвенного и грунтового льда загрязненные растворы мигрируют как горизонтально, так и вертикально по профилю. В связи с этим на территории острова требуется проведение работ по его очистке и рекультивации загрязнённых участков, дальнейшему экологическому мониторингу.

ЛИТЕРАТУРА

---

Minayeva T., Sirin A., Schrier A., Suvorov G., Trofimov S., Ponomarev V. (2014) Terrestrial ecosystem restoration in Arctic for carbon protection and GHG reduction: approaches and perspectives. In: The 9-th European Conference on Ecological Restoration. – 2014. – Pp. 98-99.

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года // <http://www.government.ru> [Электронный ресурс]. Дата просмотра 04.09.2017.

Атлас СССР / Отв. ред. Точенов В.В. – М.: ГУГК, 1983. – 258 с.

Западная Сибирь. Природные условия и естественные ресурсы СССР / Отв. ред. Рихтер Г.Д. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 475 с.

Трофимова И.Е., Балыбина А.С. Классификация климатов и климатическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 11-21.

Атлас Арктики / Отв. ред. Трешников А.Ф. – М.: ГУГК, 1985. – С. 140-141.

Карта почвенно-географического районирования России. М 1 : 15 000 000

*R.A. Kolesnikov, V.M. Makeev, E.N. Romanova, E.V. Rozhkovsky, R.D. Vostrikov*

## THE CURRENT STATE OF THE NATURAL TERRITORIAL COMPLEXES AND THE EVALUATION OF THE ACCUMULATED DAMAGE TO THE ENVIRONMENT OF THE VILKITSKY ISLAND

---

*Among the problems of environmental safety in the Arctic, the objects of accumulated environmental damage are of key importance. The article describes the state of the environment on the Vilkitsky Island. The authors took an inventory of disturbed and contaminated sites and objects of negative impact of the former infrastructure of the Arctic island. The modern soil and vegetation cover was studied, radioecological and hydroecological studies were carried out. It was established that the northern part of the island in the vicinity of the facilities of the Ministry of Defense and Roshydromet had been exposed to the greatest anthropogenic impact.*

**Keywords:** *the Arctic, ecology, Vilkitsky Island, natural territorial complexes, accumulated environmental damage, environmental safety.*

**Gratitude.** *The authors would like to express their gratitude to Non-Commercial Partnership "Russian Center for Arctic Development" and personally to the Director A.V. Baryshnikov for organizational support in carrying out field research, to the volunteers of Interregional Public Ecosociological Organization "Green Arctic" for their help in identifying and inventorying the objects of accumulated environmental damage, to G.A. Andreev and P.N. Handorin for the provided photographic material and participation in the field routes.*

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА НА ОСНОВЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

*Рассмотрены проблемы системы обращения с отходами и предложены пути их решения. Отмечено, что особенно сложная ситуация по обращению с отходами складывается в регионах Крайнего Севера, который характеризуется обширной малоосвоенной территорией, значительным ростом образования отходов производства и потребления (но при этом объемы образующихся отходов являются недостаточными для их крупнотоннажной утилизации), отсутствием инфраструктуры для утилизации и рециклинга отходов производства и потребления.*

*Рассмотрены основные подходы к идентификации наилучших доступных технологий (НДТ) обращения с отходами на основе отечественного и зарубежного опыта. Определены экологические, технологические и экономические критерии идентификации НДТ. Проведена оценка существующих технологий сортировки, дробления, прессования, термической утилизации, переработки отходов по критериям НДТ. Впервые даны рекомендации по использованию НДТ в отдаленных муниципальных образованиях, расположенных в районах Крайнего Севера.*

**Ключевые слова:** отходы, Крайний Север, наилучшие доступные технологии, обращение с отходами.

Обращение с отходами является одной из серьезных экологических проблем современной России. При нерегламентированном сборе, транспортировке и хранении отходы негативно воздействуют практически на все компоненты окружающей среды; полигоны и свалки занимают значительные площади, что приводит к нерациональному использованию территорий; захоронение отходов, являющихся ценным вторичным сырьем, свидетельствует об упущенной выгоде и неэффективности системы обращения с отходами.

Особенно сложная ситуация складывается в регионах Крайнего Севера, где образование отходов происходит на обширной малоосвоенной и экологически уязвимой территории. Объемы образующихся отходов незначительны для создания больших специализированных перерабатывающих комплексов, слабо развита инфраструктура для утилизации и потребления вторичных ресурсов. Практически отсутствует инфраструктура для утилизации и потенциальные потребители вторичных ресурсов. Низкая биологическая активность почвы, связанная с преобладанием отрицательных температур,

делает неэффективной захоронение отходов на полигонах.

При этом происходит постоянное ужесточение законодательных требований в сфере обращения с отходами. В соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ, ст. 12, захоронение отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации, запрещается.

Важнейшим аспектом обращения с отходами является внедрение наилучших доступных технологий (НДТ). С 1 января 2015 г. вступил в действие Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1], регулирующий вопросы перехода на систему технологического нормирования негативного воздействия на окружающую среду на основе наилучших доступных технологий. Закон определил наилучшую доступную технологию как технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, на основе современных достижений

науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

С 2015 г. согласно распоряжению правительства [2] разрабатываются федеральные информационно-технические справочники наилучших доступных технологий, являющиеся документами национальной системы стандартизации Российской Федерации. Справочники имеют общую структуру, определяемую ГОСТ Р 56828.14–2016 [3], формат описания технологий – ГОСТ Р 56828.13–2016 [4], термины приводятся в соответствии с ГОСТ Р 56828.15–2016 [5].

К настоящему времени разработаны следующие справочники в части обращения с отходами [6 – 8]:

- ИТС 9 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)»;
- ИТС 15 «Утилизация и обезвреживание отходов, кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)»;
- ИТС 17 «Размещение отходов производства и потребления».

В регионах ведется активная работа по формированию современной системы обращения с отходами. В качестве примера рассмотрим Ямало-Ненецкий автономный округ, особенностью которого является образование основной массы отходов на предприятиях добывающей промышленности (79,2 %) [9], отходы строительства составляют 10,5 %, отходы жилищно-коммунального хозяйства и приравненные к ним – 10,3 %. Структура образуемых отходов отражена на рис. 1.

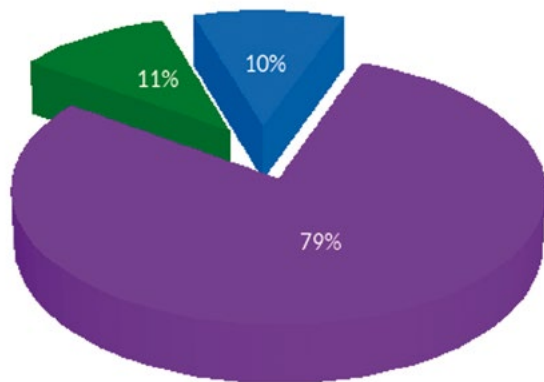


Рис. 1. Структура образуемых в ЯНАО отходов

Были приняты «Комплексная схема обращения с твердыми бытовыми и промышленными отходами на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2015-2020 гг.» [10], Положение о порядке ведения регионального кадастра отходов производства и потребления Ямало-Ненецкого автономного округа [11], «Методические указания по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение применительно к хозяйственной и (или) иной деятельности индивидуальных предпринимателей, юридических лиц (за исключением субъектов малого и среднего предпринимательства), в процессе

которой образуются отходы на объектах, подлежащих региональному государственному экологическому надзору» [12] и другие документы в сфере обращения с отходами.

В рамках Комплексной схемы решаются следующие задачи:

- создание эффективной системы управления в области обращения с ТБО;
- развитие инфраструктуры по отдельному сбору, утилизации (использованию), обезвреживанию и экологически и санитарно-эпидемиологически безопасному размещению ТБО;
- обеспечение экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности при сборе, обезвреживании и захоронении ТБО;
- внедрение механизмов экономического регулирования деятельности по обращению с ТБО;
- совершенствование ценообразования при обращении с ТБО;
- развитие системы экологического и санитарно-эпидемиологического образования, просвещения и воспитания по вопросам обращения с ТБО;
- обеспечение сбора и представления достоверной информации о деятельности по обращению с ТБО.

В региональном кадастре отходов производства и потребления [13] предусмотрен отдельный раздел – Банк данных технологий / установок использования и обезвреживания отходов, который содержит информацию о технологиях и (или) установках использования и обезвреживания отходов, расположенных на территории автономного округа, а также информацию об отходах, которые могут быть использованы или обезврежены с применением данных технологий и (или) установок. Банк данных технологий/установок использования и обезвреживания отходов формируется на основании информации, предоставляемой юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, которые применяют технологии и (или) установки для использования и (или) обезвреживания отходов.

Учету в банке данных технологий/установок использования и обезвреживания отходов подлежат все применяемые юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями технологии и установки с целью использования и (или) обезвреживания отходов.

В результате проведенной работы по данным статистических наблюдений за пятилетний период в автономном округе сохраняется положительная динамика по количеству обезвреженных и утилизированных отходов, а также общая тенденция по сокращению образуемых и захороненных отходов.

На основании сводных сведений статистического отчета 2-ТП (отходы), представленных уполномоченным органом, общее количество образованных отходов за последние 5 лет сократилось на 29,1 %, масса используемых отходов увеличилась на 44,7 %, обезвреженных – на 83,7 %, объем отходов, подлежащих захоронению, сократился в 5,6 раза. Динамика обращения с отходами представлена на рис. 2 [9].

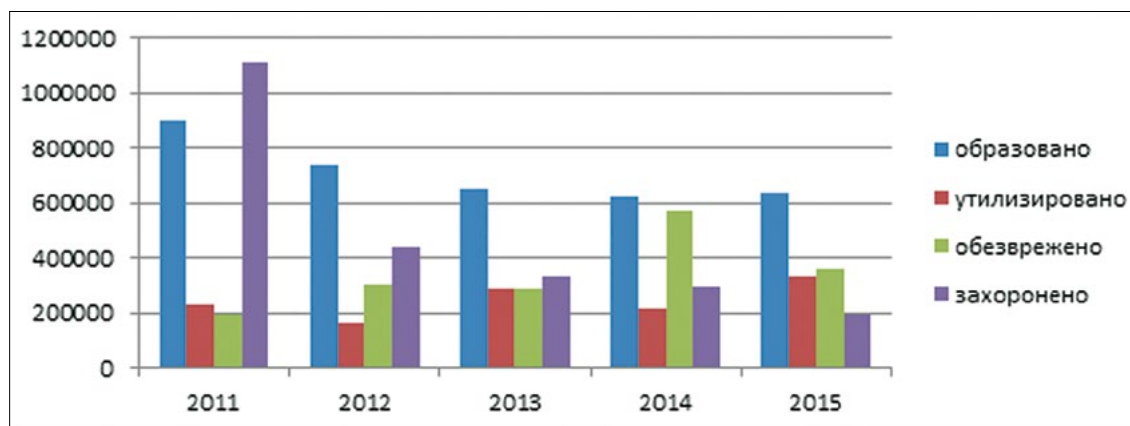


Рис. 2 Структура и динамика системы обращения с отходами, тонн

Данные показатели достигнуты благодаря внедрению безотходных технологий предприятиями топливно-энергетического комплекса, осуществляющими деятельность на территории автономного округа. Кроме того, второй год продолжает работать мусоросортировочный комплекс в г. Новый Уренгой, в сентябре 2015 года введен в эксплуатацию мусоросортировочный комплекс в г. Тарко-Сале. Растет интерес малого и среднего бизнеса, в том числе и из других регионов, к отходам, подлежащим вторичной переработке.

В апреле 2015 года объект «Пункт переработки твердых бытовых и биологических отходов с подъездной дорогой, с. Яр-Сале, Ямальский район, ЯНАО» введен в эксплуатацию.

В 2015 году на средства муниципального образования Пуровский район закончено строительство и введены в эксплуатацию 2 специализированных объекта:

- «Комплекс технического обезвреживания с площадкой для временного размещения твердых бытовых отходов в с. Халясавэй Пуровского района»;
- «Мусоросортировочный комплекс твердых бытовых отходов производительностью 20000 тонн в год, город Тарко-Сале, Пуровский район».

Мусоросортировочный комплекс на 20 тыс. тонн/год в г. Тарко-Сале был модернизирован ООО «Инновационные технологии» и доведен до мощности 200 тыс. тонн/год за счет собственных инвестиций. В декабре 2015 года из г. Тарко-Сале за пределы автономного округа направлена первая партия вторичного сырья в количестве 80 тонн (картон, бумага, пластик, алюминий), в том числе из отсортированных отходов, ранее размещенных на свалках.

В автономном округе 15 организаций и индивидуальных предпринимателей осуществляют сбор и прием вторичного сырья для последующего вывоза за пределы автономного округа с целью переработки в других субъектах Российской Федерации. В 2015 году собрано 20,4 тыс. тонн вторичного сырья (8-9% от образуемых годовых объемов отходов в населенных пунктах в автономном округе).

Налажен выпуск биоразлагаемой упаковочной продукции широкого ассортимента (пакеты и ПЭТ-тара раз-

ной емкости), объем производства за 2015 год составил 15 тонн; принято на утилизацию 45 тонн автошин, из которых произведено и реализовано 3097 м<sup>2</sup> резиновых травмобезопасных покрытий; производится продукция из макулатурного сырья.

На территории автономного округа продолжается ведение Регионального кадастра отходов производства и потребления. По состоянию на 01.01.2016 г. туда включены 800 объектов размещения отходов, в том числе 694 шламовых амбара, 38 полигонов, 24 подземных резервуара и 42 свалки. В это число входят не только действующие объекты, но и объекты, выведенные из эксплуатации, законсервированные, а также рекультивированные.

Тем не менее обеспеченность населенных пунктов автономного округа объектами размещения отходов остается низкой, в основном, для захоронения отходов используются свалки. На территории населенных пунктов в автономном округе в 2015 году образовано 253 тыс. тонн отходов, из которых около 75 тыс. тонн размещено на свалках.

В целях совершенствования системы обращения с отходами был проведен анализ сопоставимости данных справочников НДТ (в частности, по термической утилизации отходов) с данными по Ямало-Ненецкому автономному округу и их практической применимости (табл. 2). Сопоставительный анализ оборудования, приведенного в таблице 2 и указанного в справочнике ИТС 9-2015 [9], показывает слабую корреляцию между ними. Единственной установкой, указанной в качестве НДТ, является серия установок сжигания отходов «Форсаж». При этом целые группы установок в ИТС 9-2015 вообще не рассмотрены. В частности, к ним относятся ГФУ и специализированные установки по утилизации медицинских и биологических отходов. Как указано в п. 2.3, это связано со сложностью разработки справочника, прежде всего, с недостаточным объемом исходных данных, полученных от предприятий.

С другой стороны, анализ оборудования на основе технологических показателей (табл. 1) также вызывает трудности, связанные с отсутствием соответствующей информации от производителей.



**Анализ сопоставимости данных справочника ИТС 9-2015 с данными по Ямало-Ненецкому автономному округу (фрагмент)**

Место нахождения установки, эксплуатирующая организация	Наименование установки	Краткое описание технологии	Перерабатываемые, принимаемые отходы	Соответствие НДТ согласно ИТС 9-2015 [37], справочникам BREF
ООО «Салехардский комбинат»	Крематор ТП 200 ЭД	Термическое обезвреживание отходов	Отходы содержания, убоя и переработки животных и птиц (включая отходы рыбы и иных морепродуктов)	В ИТС 9-2015 не рассматривалась. Включена в Справочник ЕС «Скотобойни и побочные продукты животного происхождения»
ООО «АВЕТО»	Крематор КРН-200, Стеримед-1	Термическое обезвреживание отходов	Медицинские отходы	В ИТС 9-2015 не рассматривалась. Включена в Справочник ЕС «Сжигание отходов»
ООО «ЯмалКомСервис»	Установка обеспечения карантинного режима перевозок УОКРП-А	Обеззараживание потенциально инфицированных отходов как в результате действия электрической дугой, так и в процессе сгорания отходов	Остатки этиленгликоля, потерявшего потребительские свойства, шлам очистки трубопроводов и емкостей от нефти и нефтепродуктов, масла отработанные и др.	В ИТС 9-2015 электродуговая технология рассматривается как перспективная
ОАО «Ямал СПГ», пос. Сабетта	«Форсаж-2М»	Термическая утилизация (сжигание) твердых бытовых и промышленных, в т.ч. нефтесодержащих отходов	Масла моторные, промышленные, трансмиссионные отработанные, разнородные отходы бумаги и картона, мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный), древесные отходы и др.	Соответствует. Включена в ИТС 9-2015
ООО «Ноябрьск-энергонефть»	«Смарт Аш»	Сжигание отходов при высокой температуре, достигающей 1100 °С	Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами; опилки и стружка древесные; отходы рубероида; отходы линолеума незагрязненные; отходы резиноасбестовых изделий незагрязненные; мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) и др.	Требуются дополнительные сведения по технологическим показателям для определения соответствия ИТС 9-2015
ООО «Газпром добыча Надым», УКПГ	ГФУ-5	Сжигание газа на факеле	Осадок механической очистки нефтесодержащих СВ	В ИТС 9-2015 не рассматривалась

Таким образом, практическое использование справочника ИТС 9-2015 [37] позволяет сделать следующие выводы:

1. Следует продолжить работу над корректировкой справочника на основе дополнительной информации о применяемых технологиях и оборудовании от предприятий.
2. Необходимо обязать производителей проводить оценку оборудования по показателям, указанным в ИТС 9-2015 [37], и включать эту информацию в состав общедоступных технических характеристик.

Тем не менее уже сейчас очевидны основные принципы обращения с отходами в условиях ЯНАО[14], которые полностью соответствуют концепции НДТ [1]:

1. Максимальное экономически обоснованное использование ресурсного потенциала отходов. Данный принцип предполагает построение системы обращения с отходами, направленной на извлечение вторичного сырья за счет внедрения отдельного сбора, переработки или термической утилизации отходов перед окончательным захоронением.

2. Минимизация количества отходов, направляемых на захоронение, с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов. Эта цель может быть достигнута за счет отбора используемых фракций в виде вторичного сырья.

3. Обеспечение экологически безопасного захоронения отходов и снижения эмиссий парниковых газов за счет создания полигонов отходов, удовлетворяющих современным нормативным требованиям.

4. Укрупнение объектов ликвидации отходов и уменьшение их общего числа с целью повышения экономической эффективности инвестиций в развитие

отрасли, строительства более совершенных объектов и минимизации негативного воздействия на стадии размещения отходов. Данный принцип подразумевает переход к двухэтапной системе вывоза отходов и внедрению межмуниципальных и межпоселенческих объектов по обезвреживанию, использованию и размещению отходов.

Важнейшее значение при этом будет иметь комплексный подход к обращению с отходами, подразумевающий поиск оптимальных решений на стадиях сбора, накопления, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания и размещения отходов для территории поселения в целом (рис. 3).

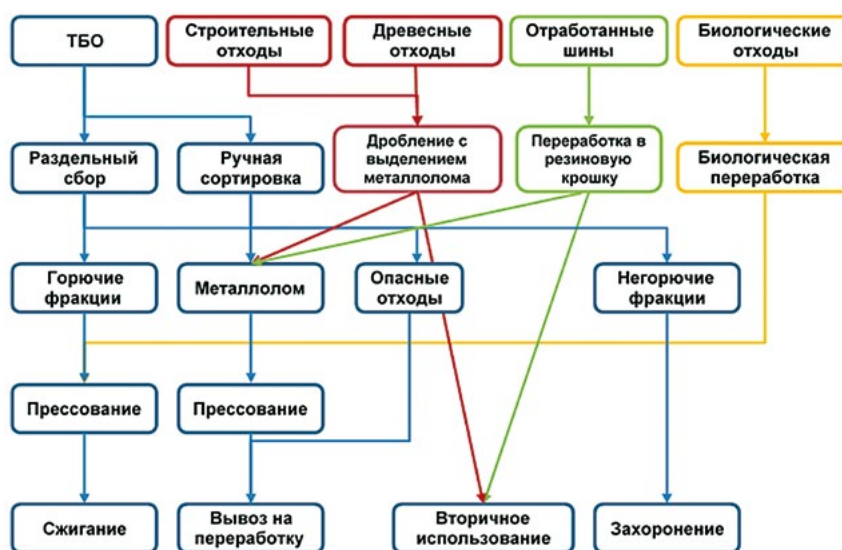


Рис. 3. Общая схема обращения с отходами в отдаленных муниципальных образованиях Крайнего Севера, основанная на НДТ

При идентификации НДТ, выбираемой для внедрения на конкретном объекте хозяйственной деятельности, необходимо учитывать:

- соответствие технологии новейшим отечественным и зарубежным разработкам в данной отрасли промышленности;
- экономическую и практическую приемлемость данной технологии для объекта хозяйственной деятельности;
- оправданность применения данной технологии с точки зрения минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

В связи с этим особое значение для полуострова Ямал и округа в целом будет иметь разработка и внедрение технологий, ориентированных на переработку небольших объемов отходов без их транспортировки на значительные расстояния. Учитывая климатические условия Крайнего Севера, применение биологических методов считаем затруднительным. Таким образом, основную роль будут играть механические и физико-химические методы переработки отходов.

## ЛИТЕРАТУРА

---

Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

ГОСТ Р 56828.14–2016. Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

ГОСТ Р 56828.13–2016. Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

ГОСТ Р 56828.15–2016. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

ИТС 9 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» (Приказ Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1579);

ИТС 15 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)» (Приказ Росстандарта от 15 декабря 2016 г. № 1887);

ИТС 17 «Размещение отходов производства и потребления» (Приказ Росстандарта от 15 декабря 2016 г. № 1885).

Доклад «Об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2015 году».

«Комплексная схема обращения с твердыми бытовыми и промышленными отходами на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2015-2020 гг.» (утверждена постановлением Правительства ЯНАО от 26.11.2014 № 968-П),

Положение о порядке ведения регионального кадастра отходов производства и потребления Ямало-Ненецкого автономного округа (утверждено постановлением Правительства ЯНАО от 30.09.2011 № 702-П).

Методические указания по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение применительно к хозяйственной и (или) иной деятельности индивидуальных предпринимателей, юридических лиц (за исключением субъектов малого и среднего предпринимательства), в процессе которой образуются отходы на объектах, подлежащих региональному государственному экологическому надзору (утверждены Приказом Департамента природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса ЯНАО от 01.04.2016 № 340).

Региональный кадастр отходов в Ямало-Ненецком автономном округе 2009-2013 гг. [Электронный ресурс]. – <http://правительство.янао.рф>.

Пыстина Н.Б., Попадько Н.В., Будников Б.О. Перспективные направления обращения с отходами в отдаленных муниципальных образованиях Крайнего Севера // Эффективные технологии утилизации отходов. – № 4. – 2015. – С.14-21.

*N.B. Pystina, N.V. Popadko, B.O. Budnikov*

## PERSPECTIVE DIRECTIONS OF WASTE MANAGEMENT IN THE REGIONS OF THE FAR NORTH ON THE BASIS OF THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES

---

*The problems of the waste management system are considered and the ways of their solution are suggested. It was noted that the situation with waste management is particularly complicated in the regions of the Far North, which is characterized by a vast underdeveloped territory, a significant increase in generation of production and consumption wastes (but the volume of generated waste is insufficient for their large-scale disposal), the lack of infrastructure for recycling production and consumption wastes. The main approaches to identifying the best available technologies (BAT) for waste management on the basis of domestic and foreign experience are considered. Environmental, technological and economic criteria for the identification of BAT have been identified. An assessment of existing technologies for sorting, crushing, pressing, thermal recycling and processing of waste according to BAT criteria was carried out. For the first time recommendations on the use of BAT in remote municipalities of the Far North are given.*

**Keywords:** *waste, the Far North, the best available technologies, waste management.*

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО- НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2016 Г.

*Представлены результаты изотопного состава  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  проб атмосферных осадков г. Надыма за холодный период 2016 г. (ноябрь-декабрь). Данные изотопного анализа осадков показали варьирование значений  $\delta^{18}\text{O}$  в пределах от  $-21,1\text{‰}$  до  $-33,5\text{‰}$ ,  $\delta\text{D}$  от  $-159,2\text{‰}$  до  $-259,0\text{‰}$ . Локальная линия метеорных вод описывается уравнением  $\delta\text{D}=8,06*\delta^{18}\text{O}+10,3$ . Усредненные данные изотопного состава осадков хорошо согласуются со значениями изотопного состава атмосферных осадков, полученными по сети GNIP для г. Салехарда.*

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, стабильные изотопы кислорода и водорода.

### ВВЕДЕНИЕ

Активное изучение соотношений стабильных изотопов кислорода и водорода в атмосферных осадках началось со второй половины XX века и продолжается по настоящее время [1, 4, 7, 8]. Отношение стабильных изотопов кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$ ) и водорода ( $\delta\text{D}$ ) в атмосферных осадках описывается эмпирической зависимостью, получившей название глобальная линия метеорных вод (ГЛМВ,  $\delta\text{D}=8*\delta^{18}\text{O}+10$ ) [1, 8]. Изменения изотопных отношений  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  в атмосферных осадках дают возможность определить как источники поступления атмосферной влаги в изучаемый регион, так и изменение природно-климатических условий в регионе. Построение локальной линии метеорных вод (ЛЛМВ) по данным изотопного состава атмосферных осадков исследуемой территории позволяет оценить процессы изотопного фракционирования. Расчетный показатель – дейтериевый эксцесс (d-excess), предложенный В. Дансгором [2] на основе ГЛМВ-зависимости, успешно используют для оценки источников поступления атмосферных осадков (водяного пара) [5, 7].

GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation), функционирующая с 1961 года, является сетью по систематическому сбору данных пространственно-распределения изотопов кислорода и водорода в атмосферных осадках по всему земному шару для дальнейшего определения и моделирования их пространственно-временных вариаций на региональном и глобальном уровне [3].

Цель наших исследований – изучение изотопного состава атмосферных осадков г. Надыма (Ямало-Ненецкий автономный округ – ЯНАО) в холодный период

(ноябрь-декабрь) 2016 г. для оценки особенностей формирования состава атмосферных осадков, определения источников их поступления и сравнения со значениями, полученными по данным сети GNIP для изучаемой территории (г. Салехард, ЯНАО).

### РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Ямало-Ненецкий автономный округ расположен в трёх климатических поясах – арктическом (климат полярных пустынь и тундры), субарктическом (климат лесотундры) и умеренном (климат тайги). Основное влияние на формирование климатических условий оказывает близость Северного Ледовитого океана, многолетняя мерзлота, пологий равнинный рельеф. Климат ЯНАО характеризуется длительным холодным зимним периодом, который начинается в октябре-ноябре и заканчивается в конце мая [13].

Поступлению атлантических воздушных масс, преимущественно обуславливающих атмосферные осадки в регионе, препятствуют Уральские горы. При этом в холодный период года атмосферная циркуляция преимущественно определяется возникновением обширной ложбины низкого давления над Карским морем на севере округа и отрогом высокого давления от азиатского антициклона на его юге. В зимний период года преобладает западный и юго-западный перенос воздушных масс [13].

Отбор проб проводили на станции мониторинга, расположенной в г. Надыме ( $65.54^\circ$  с.ш.,  $72.53^\circ$  в.д.), в период с ноября по декабрь 2016 года, т.е. когда атмосферные осадки выпадали в виде снега.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор проб снега проводили сразу после окончания выпадения атмосферных осадков. Отобранные пробы помещали в полиэтиленовые пакеты (зипованные), плотно закрывали и плавил при комнатной температуре без доступа воздуха. Затем талую воду переносили в специально подготовленные герметично закрывающиеся пробирки, которые до анализа хранили в холодильнике.

Изотопный анализ проб талой воды снега проводили в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН. Для количественного определения соотношения изотопного состава  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  проводили фильтрацию проб через мембранный фильтр (с использованием стерильных шприцев и шприцевых насадок Minisart NML Plus) с диаметром пор 0,45 мкм. Определение изотопного ( $\delta\text{D}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ ) состава проводили методом лазерной абсорбционной ИК-спектрометрии на приборе PICARRO L2130-i (WS-CRDS). Точность измерения  $\delta\text{D}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  ( $1\sigma$ ,  $n = 5$ ) составила  $\pm 0,4 \text{ ‰}$  и  $\pm 0,1 \text{ ‰}$ , соответственно. В качестве внутренних стандартов использовали пробы природной воды, откалиброванные относительно международных стандартов V-SMOW и V-GISP.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку синоптических условий проводили на основании данных наблюдений на метеорологической станции, расположенной в г. Надыме. Средняя температура воздуха в наблюдаемый холодный период на станции Надым составляла в ноябре  $-20,4 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $-26,7 \text{ }^\circ\text{C}$  в декабре 2016 г. Большая изменчивость атмосферного давления определялась активной циклонической деятельностью. Максимальные значения атмосферного

давления приходились на ноябрь и составляли 821,7 мм рт.ст. В зимний исследуемый период повторяемость южных и юго-западных ветров на станции Надым составляла 32,9 %, западных и северо-западных ветров – 31,7 %. Распределение средних зимних скоростей ветра характеризовалось незначительными величинами (2,3 м/с). Наибольшая скорость ветра отмечалась в Надыме в декабре 2016 года (8 м/с) [9].

Результаты анализа изотопного состава 6 проб талой снеговой воды показали, что значения  $\delta^{18}\text{O}$  варьировали в них в пределах 12,4 ‰ (от  $-21,1$  до  $-33,5 \text{ ‰}$ ), а  $\delta\text{D}$  – в пределах 99,8 ‰ (от  $-159,2$  до  $-259,0 \text{ ‰}$ ) (рис. 1). В таблице 1 приведены как индивидуальные, так и средние значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  в пробах атмосферных осадков (снег) г. Надыма в зимний период (ноябрь-декабрь 2016 г.), а также температура приземного воздуха в момент выпадения осадков. Для сравнения в таблице дополнительно приведены среднемесячные значения изотопного состава осадков в г. Салехарде, полученные за этот же период времени по сети GNIP. Из таблицы видно, что для г. Надыма наиболее облегченный изотопный состав был характерен для пробы снега, выпавшего при наиболее низкой температуре  $-24,9 \text{ }^\circ\text{C}$  (23.12.16). Широкое варьирование изотопного состава атмосферных осадков индивидуальных событий может быть связано как с изменениями температуры окружающей среды в момент выпадения атмосферных осадков, так и со сменой источников поступления влаги. Известно, что тесная взаимосвязь  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  с температурой воздуха прослеживается в умеренных и высоких широтах континентальных регионов именно в зимний период года, когда вклад локальных и региональных источников влаги в формирование осадков минимальный [6, 10, 12]. Однако, несмотря на широ-

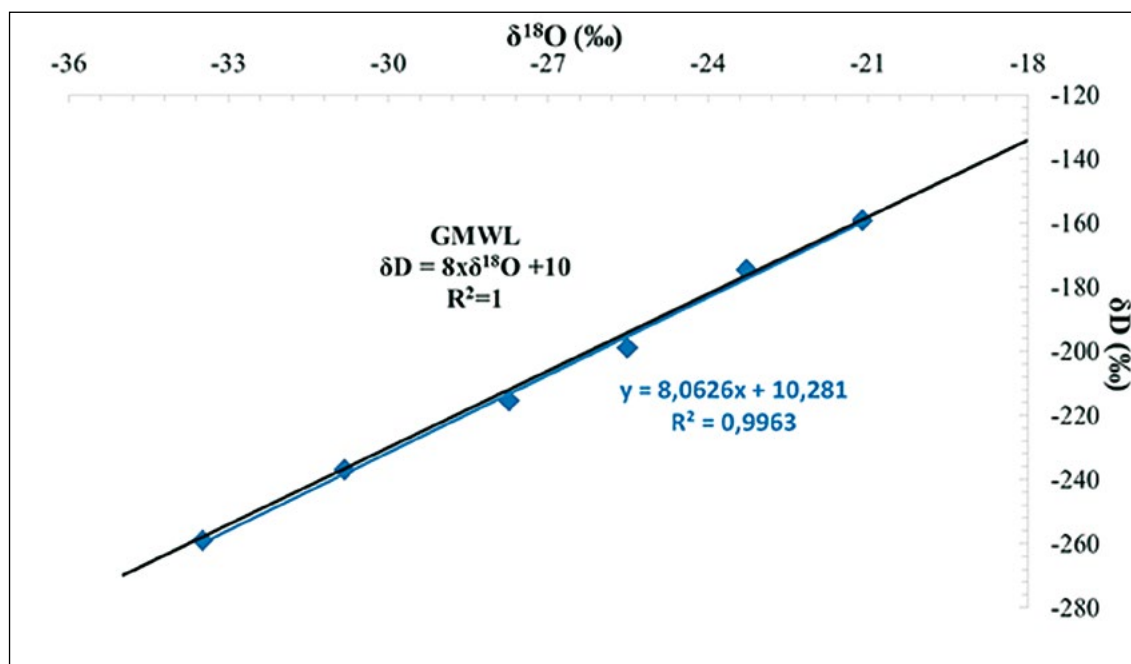


Рис. 1. Локальная линия метеорных вод (синий цвет) по данным метеостанции г. Надыма (черный цвет – глобальная линия метеорных вод (GMWL)).

**Индивидуальные и средние значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  в пробах атмосферных осадков (снег) г. Надыма и среднемесячные значения изотопного состава осадков в г. Салехарде, полученные по сети GNIP (ноябрь-декабрь 2016 г.).**

Дата отбора	Температура, °C	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰	$\delta\text{D}$ , ‰
23.11.16.	-2,8	-21,1	-159,2
24.11.16.	-6,9	-27,7	-215,4
25.11.16	-8,6	-25,5	-198,8
05.12.16.	-15,8	-23,3	-174,7
11.12.16.	-16,6	-30,8	-236,8
23.12.16.	-24,9	-33,5	-259,0
среднее для ноября	-20,4	-24,8±3,4	-191,1±28,9
среднее для декабря	-26,7	-29,2±5,3	-223,5±43,7
Салехард, ноябрь GNIP	-14,7	-21,8±4,7	-168,9±37,1
Салехард, декабрь GNIP	-18,5	-23,0±3,8	-179,3±27,1

кое варьирование индивидуальных значений, средние значения изотопного состава атмосферных осадков, отобранных в ноябре-декабре 2016 г. на метеостанции г. Надыма, в целом хорошо согласуются с данными станции сети GNIP в г. Салехарде, расположенной на удалении порядка 300 км (таблица 1). Полученные нами результаты соответствуют литературным данным, а именно средним значениям изотопного состава поверхностного снега на близрасположенных территориях в зимние месяцы 2014 г. [11].

Локальная линия метеорных вод (ЛЛМВ), построенная по данным изотопного состава проб снега г. Надыма, имела следующий вид:  $\delta\text{D} = 8,06 * \delta^{18}\text{O} + 10,3$  ( $R^2=0,996$ ) (рис.1), что хорошо согласуется с глобальной линией метеорных вод (ГЛМВ), описываемой уравнением  $\delta 2\text{D}=8 * \delta^{18}\text{O}+10$  X. Крейга [1], и позволяет предположить, что Атлантика являлась основным источником атмосферной влаги, выпавшей в виде осадков на изучаемой территории за исследуемый период. Рассчитанные значения dexс (от 5,2 до 11,5 ‰) для атмосферных осадков этого периода позволяют говорить как о

криогенном, так и испарительном фракционировании их изотопного состава.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования изотопного состава атмосферных осадков холодного периода, отобранных в ноябре-декабре 2016 года в Ямало-Ненецком автономном округе в г. Надыме, показали существенное варьирование индивидуальных значений для  $\delta^{18}\text{O}$  12,4 ‰ (от -21,1 до -33,5 ‰), для  $\delta\text{D}$  – в пределах 99,8 ‰ (от -159,2 до -259,0 ‰) и, как следствие, для dexс от 5,2 до 11,5 ‰. Полученные данные об изотопном составе осадков в совокупности с рассчитанными значениями углов наклонов ЛЛМВ позволяют предполагать, что воды Атлантики являлись основным источником влаги, выпавшей в виде осадков на изучаемой территории за исследуемый период, а рассчитанные значения dexс (от 5,2 до 11,5 ‰) позволяют говорить как о криогенном, так и испарительном фракционировании их изотопного состава.

Результаты сравнения средних значений изотопного состава атмосферных осадков г. Надыма с данными сети GNIP показали хорошую их согласованность.

ЛИТЕРАТУРА

---

- Craig H. Isotopic variations in meteoric waters. Science – 1961, v. 133, No 3464, pp. 1702-1703.
- Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation. Tellus. – 1964, v. 16. – No 4. – pp. 436-463.  
[http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS_resources_gnip.html) [Электронный ресурс].
- Jouzel, J. and L. Merlivat. 1984. Deuterium and oxygen 18 in precipitation: modeling of the isotopic effect during snow formation. J. Geophys. Res., 89(D7), 11,749–11,757.
- Merlivat L., Jouzel J. Global climatic interpretation of the deuterium -oxygen 18 relationship in precipitation // J. Geophys. Res. – 1979, vol. 84. – p. 5029–5033.
- Papina T., Malygina N., Eirikh A., Uskov T. The annual change in the isotopic composition of wet precipitation on the territory of Altai (South-West Siberia, Russia // 26th IUGG General Assembly (Abstract) 22.06–02.06.2015 Prague, Czech Republic [<https://www.czechin.org/cm/IUGG/CM.NET.WebUI/CM.NET.WebUI.scpr/SCPRfunctiondetail.aspx?confID=05000000-0000-0000-0000-000000000053&sesID=05000000-0000-0000-0000-000000002519&absID=07000000-0000-0000-0000-000000026149>].
- Pfahl S. and Sodemann H. What controls deuterium excess in global precipitation? // Climate of the Past, 2014, vol. 10, p. 771–781, [www.clim-past.net/10/771/2014/](http://www.clim-past.net/10/771/2014/) / doi:10.5194/cp-10-771-2014
- Rozanski K., Araguafis-Araguafis L., Gonfiantini R. Isotopic patterns in modern global precipitation // Climate Change in Continental Isotopic Records, Geophys. Monogr. – 1993, vol. 78. – p. 1-36.
- Архив погоды в Надыме [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [pr5.ru/Погода\\_в\\_Надыме](http://pr5.ru/Погода_в_Надыме) (дата обращения 29.09.2017).
- Васильчук Ю.К., Котляков В.М. Основы изотопной геоэкологии и гляциологии. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 616 с.
- Васильчук Ю.К., Шевченко В.П., Лисицын А.П., Буданцева Н.А., Воробьев С.Н., Кирпотин С.Н., Крицков И.В., Манасыпов Р.М., Покровский О.С., Чижова Ю.Н. Изотопно-кислородный и дейтериевый состав снежного покрова Западной Сибири на профиле от Томска до Обской губы // Доклады Академии наук. – 2016. – том 471. – № 5. – С. 590–594.
- Малыгина Н.С., Эйрих А.Н., Курепина Н.Ю., Папина Т.С. Изотопный состав зимних атмосферных осадков и снежного покрова в предгорьях Алтая // Лёд и Снег. – 2017. – Т. 57. – № 1. – С. 57–68.
- Соромотина О.В. Климат / О.В. Соромотина // Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. – Омск: ФГУП «Омская картографическая фабрика», – 2004. – С. 105–128.

*A.N. Eyrih, N.S. Malygina, T.S. Papina, E.V. Agbalyan, R.A. Kolesnikov, A.S. Krasnenko*

## ISOTOPE COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE TERRITORY OF THE YAMAL- NENETS AUTONOMOUS DISTRICT IN THE WINTER PERIOD 2016

---

*The results of the isotope composition of  $\delta^{18}O$  and  $\delta D$  atmospheric precipitation samples of the city of Nadym over the cold period of 2016 (November–December) are presented. The isotopic analysis of precipitation showed a variation in  $\delta^{18}O$  values in the range from -21.1 ‰ to -33.5 ‰,  $\delta D$  from -159.2 ‰ to -259.0 ‰. The local line of meteoric waters is described by the equation  $\delta D = 8.06 * \delta^{18}O + 10.3$ . The averaged data of the isotope composition of the precipitation are in good agreement with the values of the isotope composition of atmospheric precipitation obtained by the GNIP network for Salekhard.*

**Keywords:** atmospheric precipitation, stable isotopes of oxygen and hydrogen.



## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ТАЗОВСКОГО РАЙОНА ЯНАО

*В работе представлены результаты исследования состава воды по основным химическим показателям поверхностных вод озер, проток и ручьев вблизи озера Парисенто (Ямало-Ненецкий автономный округ, Тазовский район). Был проведен анализ 28 водных объектов с целью установления фонового состояния экосистемы перед началом промышленного освоения территорий. По итогам исследований экологическое состояние изученных систем можно признать удовлетворительным. Получены данные о содержании микроэлементов и нефтепродуктов в водах Гыданского полуострова.*

**Ключевые слова:** Гыданский полуостров, Тазовский район, водные экосистемы, качество вод, геохимия вод, микроэлементы, нефтепродукты, термокарстовые озера.

### ВВЕДЕНИЕ

Гыданский полуостров – одна из немногих территорий округа, на которой только началось промышленное освоение. Исследования различных компонентов окружающей среды полуострова активно проводились в 1970–1990–е гг., когда существовали стационары и долгосрочные программы по освоению Арктики. После распада СССР многие научные исследования были приостановлены. Современная информация о состоянии окружающей среды в отечественных литературных источниках недостаточно освещена, приводятся некоторые данные о составе рек Юрибей и Гыда [Томберг и др., 2010], Мессояха и Монгаюрибей [Московченко, 2003], малых озер [Кремлева и др., 2012; Моисеенко и др., 2012] и подземных вод полуострова [Садыкова, 2015; Бешенцев, 2016]. Последние годы появились новые проекты по изучению Гыдана и в свет вышли статьи о комплексном исследовании озер севера Западной Сибири [Хорошавин и др., 2016; Агбалян и др., 2017] и о микроэлементном составе основных компонентов ландшафта полуострова [Пузанов и др., 2016].

На сегодняшний день свое отражение в зарубежных базах научного цитирования находят исследования по составу и электрическим свойствам почв в зоне вечной мерзлоты [Abakumov et al., 2017; Chukov et al., 2017; Ejarque E., Abakumov E., 2016; Abakumov E., Tomashunas V., 2016], микробиологическому составу донных осадков Гыданского и Енисейского заливов [Mamaeva et al., 2014], фитопланктонного сообщества в водах бассейна р. Мессояха [Genkal & Yarushina, 2014]. Озеро Парисенто, водотоки и термокарстовые озера на северо-западе Гыданского полуострова отличаются слабой изученностью ввиду трудной

доступности этих мест. Перед началом работ по освоению недр территории необходимо комплексно оценить состав поверхностных вод данной территории для установления фонового состояния экосистемы. Тем не менее гидрохимический состав указанных объектов служит индикатором состояния окружающей среды региона. Повышенные концентрации микроэлементов (в том числе металлов) могут указывать как на фоновые природные аномалии, так и на техногенные следы, связанные с загрязнением атмосферы. Физико-химические параметры, основной катионный и анионный составы отражают генезис водоемов.

Исследования проводятся в рамках фундаментальной проблемы формирования геохимического состава поверхностных природных вод в зоне многолетней мерзлоты. Практическое значение мониторинговых исследований состава воды и донных осадков Гыданского полуострова заключается, в первую очередь, в оценке современного состояния экосистемы региона до начала его активного промышленного освоения.

**Цель работы** – определить особенности состава поверхностных вод Гыданского полуострова (оз. Парисенто, термокарстовые озера, ручьи). В задачи исследования входило определение показателей, которые применяются для оценки воды хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Основными показателями качества воды являются ионный состав, общее солесодержание, химическое и биологическое потребление кислорода, жесткость, содержание железа, марганца и некоторых других элементов. Учитывая вероятность загрязнения водоемов

в результате добычи углеводородов на полуострове, необходимо оценить первоначальный уровень содержания нефтепродуктов в исследуемых объектах.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования состава сотрудниками ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, А.И. Сеницкий) были отобраны 28 проб воды природных рек, ручьев и озер вблизи озера Парисенто (Ямало-Ненецкий автономный округ, Тазовский район). Изучались поверхностные воды: безымянных озер (ГХ-6, ГХ-7, ГХ-8, 11(84), 13(85), 14(86), 15(87), 16(88), 17(89), 18(90), 19(91)), оз. Парисенто (ГХ-14), оз. Малое Парисенто (ГХ-9), оз. Геофизического (20(92)), оз. Круглое (21(93)), озер старичного типа (ГХ-3, ГХ-4, ГХ-16, ГХ-17, ГХ-18), безымянных протоков (ГХ-1, ГХ-2, ГХ-15), стариц ручьев (ГХ-5, ГХ-10, ГХ-11, ГХ-12), устья ручья (ГХ-13) (рис. 1).

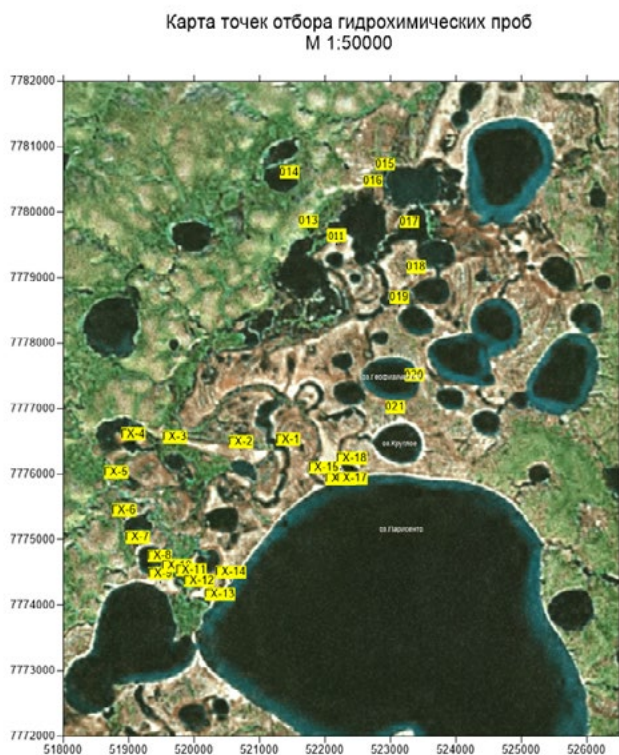


Рис. 1. Схема опробования поверхностных вод. Отбор проб и составление схемы сделаны А. Сеницким, ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»

Время отбора проб воды – август 2016 года. Отбор проб проводился с учетом требования ГОСТ Р 51592-2000 с глубины 0.3-0.5 метра в полиэтиленовые бутылки «под крышку». Химико-аналитические исследования проводились в стационарной лаборатории ИНГГ СО РАН. В пробах воды определялись следующие параметры: рН, Eh, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> потенциометрическим методом на приборе Эксперт-001 [ПНД Ф 14.1;2;3;4.121-97; ФР.1.31.2007.03674; РД 52.24.361-2008; РД 52.24.360-2008; МИ 3024-07 ГСИ; РД 52.24.367-2010], электропроводность кондуктометрическим методом с помощью портативного кондуктометра WTW Cond315i с автоматической термокомпенсацией и датчиком TetraCon 325, Ораств., ХПК, БПК, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

титриметрическим методом [ПНД Ф 14.1:2.101-97; РД 52.24.420-2006; ПНД Ф 14.1;2;4.154-99; ПНД Ф 14.2.99-97; ПНД Ф 14.2.99-97], NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> колориметрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ [ГОСТ 4389-72; ПНД Ф 14.1:2.4.3-95; ГОСТ 18309-72], концентрации элементов Ca, Mg, K, Na, Si, Fe, Al, Mn, Cr, Co, Ni, Sb, As, Ba, Sr, Rb, La, Ce, Nd, Y, Zr методом ИСП-МС в сертифицированной лаборатории химико-аналитического центра «Плазма», г. Томск, нефтепродукты методом газовой хромато-масс-спектрометрии в лаборатории химического сервисного центра коллективного пользования НИОХ СО РАН.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам измерений было установлено, что значения рН исследуемых водных проб нейтральные и находятся в диапазоне 6.1-7.2 единиц. Эти показания соответствуют уровню чистых природных поверхностных речных и озерных вод. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) варьируют от +376 до +477 мВ (табл. 1). Полученные соотношения рН-Eh соответствуют поверхностным природным водам, находящимся в контакте с атмосферой. Величина удельной электропроводности (УЭП) в пробах колеблется от 9.6 до 100 мкСм/см, указывая на невысокий уровень общей минерализации, водоемы можно отнести к ультрапресным (минерализация до 0.1 г/л). Наибольшее значение УЭП (100 мкСм/см) соответствует старице в среднем течении безымянного ручья, впадающего в оз. Парисенто (точка ГХ-5). Кислородный режим в исследуемых водных объектах благоприятный (87-120 % насыщения).

Исследуемые водоемы относятся к тундровым рекам и озерам с преимущественно атмосферным питанием, что обуславливает небольшое содержание минеральных веществ. Но поскольку отбор проб производился в летне-осеннюю межень, когда в минерализацию вносятся вклад грунтовые воды, общее содержание солей несколько выше, чем в дождевых водах. Химическое потребление кислорода (ХПК) варьирует почти во всех пробах от 2.5 до 8.9 мгО/л (табл. 1), что соответствует тундровой физико-географической зоне (ХПК 5-10 мгО/л). Косвенно полученные величины ХПК в фильтрованных пробах позволяют судить о невысоком уровне содержания растворенного органического углерода, что обусловлено малой общей биологической продуктивностью водоемов, низкой степенью загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов. Можно предположить, что содержание органического углерода определяется растворенными органическими веществами гумусового ряда, что характерно для незагрязненных тундровых рек и озер. Проба с наибольшим ХПК (8.9 мгО/л) соответствует безымянной протоке между озерами (ГХ-2), в которой происходит застаивание воды и концентрирование органического вещества. Единственная проба, в которой ХПК значительно ниже общего уровня – 0.94 мгО/л, соответствует оз. Круглое (точка 21(93)). Значения биологического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) для всех исследуемых проб находятся в пределах нормы (< 2 мгО/л), что свидетельствует об отсутствии биологического загрязнения.

Физико-химические параметры водных проб

Название пробы	pH	Eh, мВ	Электропроводность, мкСм/см	ХПК, мгО/л	БПК5, мгО/л	O <sub>2</sub> , мг/л	Сорг., мг/л
ГХ - 1	6.6	422	16	5.1	1.3	11	1.9
ГХ - 2	6.1	422	11	8.9	2.2	11	3.3
ГХ - 3	7.1	380	23	7.3	2.0	9.8	2.7
ГХ - 4	6.7	432	17	6.1	1.5	10	2.3
ГХ - 5	7.1	412	100	4.1	1.4	13	1.6
ГХ - 6	6.7	465	18	7.3	1.9	13	2.8
ГХ - 7	7.0	422	27	2.9	1.0	11	1.1
ГХ - 8	7.0	432	27	4.9	1.3	11	1.8
ГХ - 9	7.2	376	24	4.1	1.2	9.6	1.5
ГХ - 10	6.6	396	44	6.3	1.8	11	2.4
ГХ - 11	6.7	424	15	4.1	1.3	11	1.5
ГХ - 12	6.5	446	11	4.7	1.4	12	1.8
ГХ - 13	7.0	407	51	4.9	1.9	10	1.9
ГХ - 14	6.7	384	28	3.3	1.2	9.9	1.2
ГХ - 15	6.8	477	46	6.1	1.7	13	2.3
ГХ - 16	7.2	408	21	3.2	1.4	10	1.2
ГХ - 17	7.1	425	27	2.5	1.0	12	0.92
ГХ - 18	7.0	406	19	2.8	1.3	10	1.0
11(84)	7.0	426	16	3.7	1.1	12	1.4
13(85)	6.6	437	12	5.1	1.6	11	1.9
14(86)	6.7	452	31	4.4	1.1	11	1.6
15(87)	6.8	447	10	2.7	1.2	11	1.0
16(88)	6.7	458	10	3.4	1.0	11	1.3
17(89)	6.2	472	16	5.5	1.2	10	2.1
18(90)	6.8	465	30	2.5	0.9	9.8	0.92
19(91)	7.1	465	15	3.7	1.3	11	1.4
20(92)	7.0	456	14	2.9	1.0	11	1.1
21(93)	6.9	458	26	0.94	0.5	12	0.35
ПДКрх*	6.5-8.5*	-	-	15	2.0	2.0-14*	-
минимум	6.1	376	9.6	0.94	2.0	9.6	0.4
максимум	7.2	477	100	8.9	0.0	12.7	3.3
среднее	6.8	431	25.1	4.4		11.0	1.6

**Примечание:** \* – предельно допустимая концентрация для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Гигиенические нормативы, 2003]; \*\* – значения для чистых природных поверхностных вод тундровых рек и озер.

Суммарное содержание основных катионов (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) и анионов (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>) варьирует от 6.9 до 92 мг/л (табл. 2), что хорошо согласуется со значениями удельной электропроводности (рис. 2) и позволяет отнести все исследуемые воды к ультрапресным водам с общей минерализацией до 0.1 г/л. Концентрации ионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> значительно ниже ПДК для водоемов хозяйственно-питье-

вого и культурно-бытового водопользования [Гигиенические нормативы, 2003] (табл. 2). Общая жесткость проб варьирует от 0.056 до 0.93 ммоль-экв/л, составляет в среднем 0.18 ммоль-экв/л, исследуемые воды являются мягкими (общая жесткость не превышает 1.5 ммоль-экв/л), что характерно для рек и озер, расположенных в зонах тайги и тундры с преимущественно атмосферным питанием. В целом общая жесткость

выше (относительно других проб, рис. 3) в озерах старичного типа, протоках и ручьях, приуроченных к верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины (точки ГХ-3 – ГХ-18), что может свидетельствовать о вкладе грунтового питания в формирование состава вод. Общая жесткость воды в водоемах, расположенных на верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине (II и III террасы, точки 11(84), 13(85), 15(87) – 17(89), 19(91) - 20(92), ГХ-2) ниже, что по совокупным

анализам вышеописанных параметров предварительно позволяет отнести их к термокарстовым озерам с преимущественно атмосферным (снеготалым) питанием. Исключение составляют воды в точках ГХ-1, 18(90), 21 (93), которые по геоморфологическим признакам приурочены к верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине, но общая жесткость несколько выше значений для остальных водоемов этой группы, что указывает на локальные изменения, не связанные с геологическими условиями.

Табл. 2

Основной катионный и анионный состав водных проб

Проба	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Сумма ионов	Карбонатная жесткость, ммоль*экв/л
	мг/л								
ГХ - 1	1.2	0.71	0.89	0.20	10	0.91	0.40	14	0.17
ГХ - 2	0.74	0.50	0.42	0.25	6.6	0.72	0.24	9.4	0.11
ГХ - 3	1.7	1.9	1.2	0.16	15	1.5	1.3	22	0.25
ГХ - 4	1.3	0.92	0.89	0.14	12	0.5	0.33	15	0.19
ГХ - 5	9.3	5.6	4.9	0.70	58	8.5	5.1	92	0.95
ГХ - 6	1.6	0.89	0.68	0.28	11	0.80	0.37	16	0.19
ГХ - 7	1.9	1.2	1.1	0.42	15	1.3	1.32	22	0.25
ГХ - 8	1.9	1.3	1.1	0.35	15	1.4	1.05	22	0.25
ГХ - 9	1.7	1.0	1.3	0.55	14	1.2	1.37	21	0.23
ГХ - 10	3.6	2.5	1.3	0.09	26	3.7	0.84	38	0.42
ГХ - 11	0.81	0.58	0.75	0.34	8.1	0.10	0.49	11	0.13
ГХ - 12	0.62	0.37	0.54	0.13	6.8	0.01	0.23	8.6	0.11
ГХ - 13	2.7	1.9	4.2	0.48	18	3.4	4.6	36	0.30
ГХ - 14	1.7	1.1	1.4	0.58	14	0.01	1.2	20	0.23
ГХ - 15	4.0	2.4	1.9	0.14	30	2.7	1.2	43	0.50
ГХ - 16	1.1	0.69	0.96	0.21	9.2	0.6	0.61	13	0.15
ГХ - 17	1.5	1.1	1.4	0.58	12	1.3	1.1	19	0.20
ГХ - 18	1.1	0.68	1.0	0.16	7.6	0.71	0.85	12	0.13
11(84)	0.91	0.60	0.50	0.071	8.4	0.43	0.27	11	0.14
13(85)	0.72	0.50	0.45	0.090	6.1	0.11	0.25	8.2	0.10
14(86)	2.2	1.4	1.4	0.37	12	2.5	2.7	22	0.19
15(87)	0.61	0.32	0.39	0.070	5.3	0.12	0.19	6.9	0.087
16(88)	0.52	0.52	0.48	0.10	6.1	0.51	0.23	8.4	0.10
17(89)	0.63	0.46	0.49	0.090	6.6	0.01	0.27	8.5	0.11
18(90)	1.2	0.72	0.78	0.14	8.0	0.71	0.54	12	0.13
19(91)	1.1	0.60	0.60	0.12	8.5	0.32	0.51	12	0.14
20(92)	0.91	0.48	0.63	0.15	6.1	0.51	0.86	9.6	0.10
21(93)	1.8	0.95	1.2	0.29	11	0.61	1.4	17	0.18
минимум	0.5	0.3	0.4	0.1	5.3	0.01	0.2	6.9	0.087
максимум	9.3	5.6	4.9	0.7	58	8.5	5.1	92	0.95
среднее	1.7	1.1	1.2	0.3	13	1.3	1.1	20	0.22
ПДКрх*, мг/л	180	40	120	50	-	100	300	-	-

Примечание: \* – для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Гигиенические нормативы, 2003]; \*\* – для мягкой воды рыбохозяйственного назначения по стандарту [Перечень, 2010].

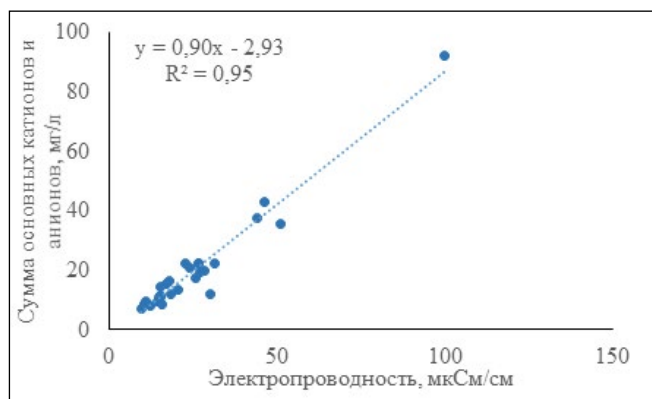


Рис. 2. Сопоставление электропроводности с суммарной концентрацией основных катионов ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) и анионов ( $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ )

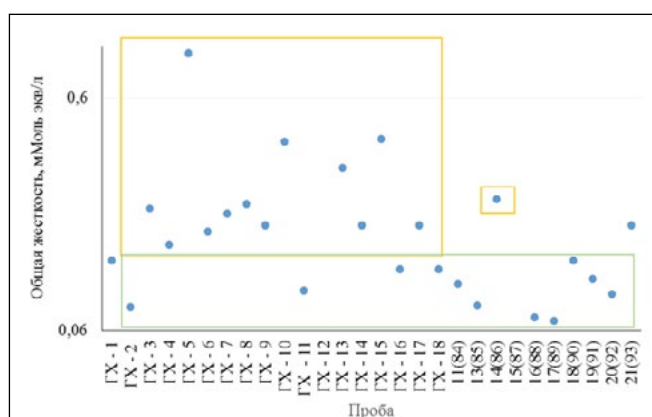


Рис. 3. Значения общей жесткости в исследуемых пробах. В оранжевом прямоугольнике – точки состава воды озер старичного типа, протоков и ручьев, приуроченных к верхнечетвертичной - современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины (точки GX-3 - GX-18, 14(86)); в зеленом прямоугольнике – точки составов водоемов, расположенных на верхнечетвертичной - современной аллювиально-озерной равнине (II и III террасы, точки 11(84), 13(85), 15(87) – 17(89), 19(91) - 20(92), GX-2)

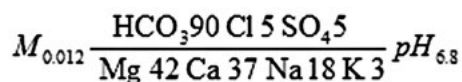
Корреляционная взаимосвязь удельной электропроводности, измеренной прямым кондуктометрическим способом, и концентрацией каждого из основных катионов и анионов (рис. 2) указывает на вклад в общую минерализацию преимущественно неорганических ионов. Отсутствие взаимосвязи ХПК с удельной электропроводностью определяется незначительным вкладом в общую минерализацию органической составляющей.

Исследуемые водные объекты можно разделить на три группы по суммарному содержанию основных катионов и анионов в растворе:

**Группа А.** Озера с наименьшими суммарными концентрациями анионов и катионов (6,9-17 мг/л, табл. 2) и электропроводностью (10-30 мкСм/см, табл. 1, рис. 4) находятся севернее оз. Парисенто (точки 11(84), 13(85), 15(87) – 20(92), GX-1, GX-2, рис. 1), приурочены к верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной

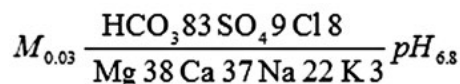
равнине (II и III террасы). По косвенным геоморфологическим признакам сформированные на этой территории озера можно отнести к термокарстовым. Питание, вероятнее всего, осуществляется за счет снеготалых вод. В анионном составе преобладают гидрокарбонаты, вклад сульфат- и хлорид-ионов незначительный, среди катионов основные – магний и кальций (табл. 2).

Воды этой группы объектов относятся к гидрокарбонатному классу, кальций-магниевому типу, что отражено в формуле Курлова:



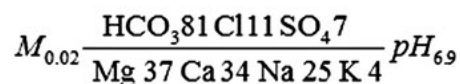
где (здесь и далее): М – средняя минерализация, г/л, количество  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  указано в % от суммарного содержания катионов (ммоль-экв/л), количество  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  указано в % от суммарного содержания анионов (ммоль-экв/л).

**Группа Б.** Водоемы с суммарными содержаниями катионов и анионов от 8,6 до 92 мг/л (точки GX-3 – GX-12, 14(86), табл. 2, рис. 4), расположены к востоку и северо-востоку от оз. Парисенто и приурочены к верхнечетвертичной - современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины. Водоемы этой группы представлены озерами старичного типа. Основной вклад в катионный состав вносит магний, в анионном составе приобретают значение сульфат- и хлорид-ионы, что отражено в формуле Курлова:



Электропроводность проб разных групп, вклады магния, сульфат- и хлорид-ионов в общую минерализацию наглядно отображены на картах распределения этих ионов (рис. 4) которые хорошо согласуются с геоморфологическими особенностями изучаемой территории: водоемы группы А с низкой минерализацией, преобладанием гидрокарбонат-иона в анионном составе приурочены к верхнечетвертичной и современной аллювиально-озерной равнине, водоемы группы Б с повышенной минерализацией, более высоким вкладом сульфат- и хлорид-ионов (по сравнению с группой А).

**Группа В.** Третья группа водоемов (GX-13 – GX-18, 21(93), рис. 4) приурочена к верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине, как и водоемы группы А, но по составу отличается от последних промежуточной минерализацией (12-43 мг/л, табл. 2), существенным вкладом сульфат- и хлорид-ионов. Эти 7 проб отобраны в точках впадения проток и ручьев в оз. Парисенто, в самом оз. Парисенто, оз. Круглом. Вероятно, специфика состава связана с относительно большим вкладом в питание грунтовых вод. Формула Курлова для этой группы водотоков:



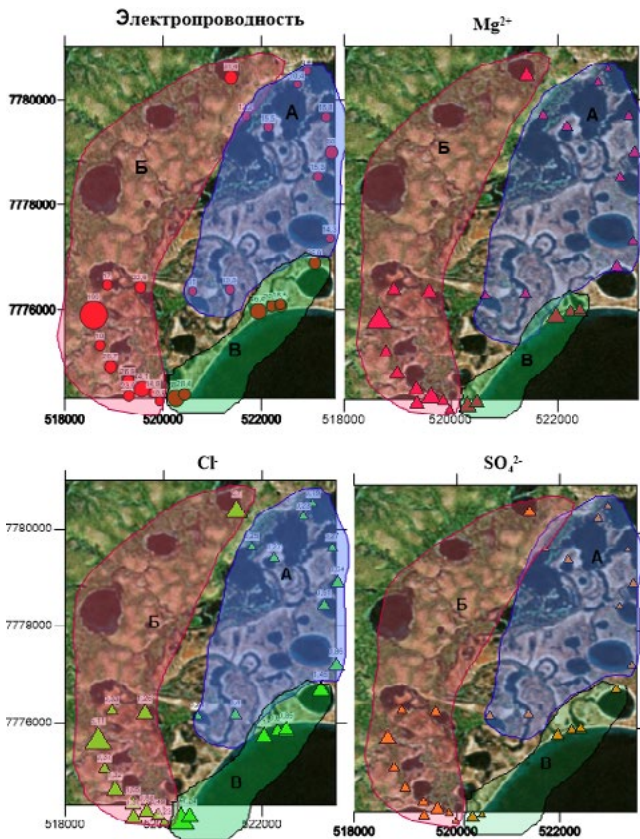


Рис. 4. Карты распределения электропроводности (мкСм/см), концентраций ионов  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  (мг/л). Масштаб 1: 50000. Группа А: водоемы на верхнечетвертичной – современной аллювиально-озерной равнине, электропроводность 10-30 мкСм/см. Группа Б: водоемы на верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины, электропроводность 17-100 мкСм/см. Группа В: реки, ручьи и протоки с промежуточной минерализацией на верхнечетвертичной современной аллювиально-озерной равнине

Концентрации ионных форм азота ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ), фосфат-, йодид- и фторид-ионов в исследуемых водных пробах не превышают предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДКрх). Колебания в содержаниях окисленных форм азота  $NO_3^-$  (0.17 - 1.43 мг/л) и  $NO_2^-$  (0.00042 - 0.014 мг/л) коррелируют друг с другом, и имеют обратную корреляцию с восстановленной формой  $NH_4^+$ . Наибольшие содержания нитратов характерны для проток и ручьев (группа водоемов В), самые высокие концентрации аммония – в старицах и в месте впадения протоки в оз. Парисенто (ГХ-17). Суммарное содержание соединений азотной группы составляет 0.64 мг/л (в среднем для всех проб), что указывает на олиготрофный тип исследуемых водоемов. Интересно, что для озер группы А (термокарстовые) суммарное содержание соединений азота колеблется от 0.3 до 0.9 мг/л (11(84)), что позволяет отнести эти водоемы к мезотрофным. Во всех пробах преобладают нитраты (по сравнению с аммонием и нитритами), что указывает на отсутствие свежего привноса

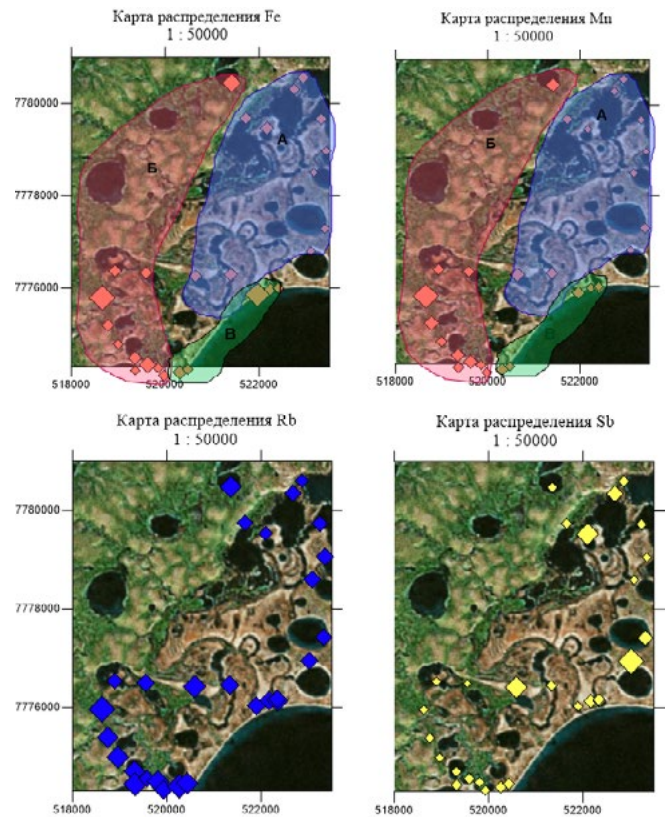


Рис. 5. Концентрации микроэлементов в исследуемых водоемах (средние значения), кларковые концентрации для речных вод (Тейлор С.Р., Мак-Леннан, 1988) и ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03)

азота. Источниками нитратного азота в данном случае, вероятнее всего, являются атмосферные осадки и нитрификация аммонийного азота с участием нитрифицирующих бактерий. Концентрации фторид- и йодид-анионов в исследуемых существенно ниже ПДК, при этом концентрации йодидов оказались ниже предела обнаружения (0.001 мг/л). Полученные результаты позволяют отнести исследуемые воды к олиготрофным незагрязненным водоемам, колебания концентраций ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ), фосфат-, йодид- и фторид-ионов находятся в пределах нормативных и не отражают особенностей генезиса водоемов.

Концентрации фосфат-ионов в термокарстовых озерах (группа А) не уступают таковым в водоемах групп Б и В с более высокой минерализацией (табл. 5) и значительно превышают ПДК в точках ГХ-2 (протока), ГХ-5 (старица), ГХ-15 (протока, впадающая в оз. Парисенто). Одним из основных источников фосфатов, вероятно, является сезонно-талый слой их водосборной территории, повышенное содержание фосфатов в указанных трех точках может быть связано с локальным загрязнением.

В исследуемых пробах концентрации ряда микроэлементов оказались выше пределов обнаружения): Si, Fe, Al, Mn, Cr, Co, Ni, Sb, As, Ba, Sr, Rb, La, Ce, Nd, Y, Zr. При сравнении средних концентраций микроэлементов

с кларковыми [Тейлор С.Р., Мак-Леннан, 1988] и предельно допустимыми концентрациями (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.1315-03) выявлены аномалии только для Fe (на уровне ПДК, но выше кларка, рис. 5), Mn (на уровне ПДК и кларка), Cr (выше кларка), Rb (выше кларка, но ниже ПДК) и редкоземельных элементов La, Ce, Nd, Y (выше кларков, нормативы ПДК для этих элементов не разработаны). Концентрации остальных элементов, обнаруженных в пробах при помощи ИСП-МС метода, ниже ПДК и кларков.

Карты распределения концентраций железа и марганца, нормированных на кларковые значения для речных вод, свидетельствуют о приуроченности гидрохимических аномалий к определенным геоморфологическим условиям. Аномалии по Fe и Mn обнаружены в водоемах группы Б, приуроченных к верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины, и локально – в группе водотоков, ручьев группы В (рис. 6). В термокарстовых озерах с низкой минерализацией гидрохимических аномалий не выявлено. Другая ситуация с распределением рубидия: превышения кларковых концентраций от 5 до 45 раз характерны для всех групп водоемов, хотя наиболее ярко они выражены в водоемах групп Б и В (старицах, протоках и ручьях). Небольшие аномалии по сурьме (превышение кларка в 1.5 раза) обнаружены в трех водоемах: ГХ-2 (безымянная протока между озерами, верхнечетвертичная – современная аллювиально-озерная равнина, II терраса), 11(84) (восточный берег безымянного озера, верхнечетвертичная – современная аллювиально-озерная равнина) и 21 (93) (северный берег озера Круглое, верхнечетвертичная – современная аллювиально-озерная равнина, III терраса). Происхождение аномалий Fe, Mn имеет, вероятнее всего, природное происхождение и связано с геоморфологическим строением территории. Аномалии Sb и Rb не имеют связи с разделением групп по геоморфологическим признакам и гидрохимическому составу, они не обнаруживают корреляции с минерализацией, анионным и катионным составом. Потребуется дополнительные исследования для установления причин появления этих аномалий.

Содержание нефтяных углеводородов в исследуемых пробах варьирует от 0.38 до 2.27 мкг/л, что существенно ниже предельно допустимой концентрации для объектов хозяйственно-бытового водопользования (100 мкг/л). Анализ компонентного состава углеводородов в образцах воды по ряду параметров – преобладающие углеводороды, коэффициенты нечетности, соотношения маркерных углеводородов – гептадекана (n-C17), октадекана (n-C18), пристана (i-C19) и фитана (i-C20), вид хроматограмм (наличие «горбов») – позволяет заключить, что определенные в исследуемых водах углеводороды имеют природное происхождение. Исключение представляют пробы ГХ-7 – ГХ-11, состав углеводородов которых (C18-C30) дает основание полагать, что они предположительно техногенного происхождения. Эти пробы были взяты из озер на верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины.

В целом распределение нефтяных углеводородов не связано с геоморфологическими особенностями изучаемой территории и носит локальный характер.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активная реакция среды исследуемых водных проб нейтральна, значения pH находятся в диапазоне 6.1-7.2 единиц, что соответствует уровню чистых природных поверхностных речных и озерных вод. Невысокий уровень общей минерализации позволяет отнести исследуемые водоемы к ультрапресным (минерализация до 0.1 г/л).

Уровень содержания растворенного органического углерода невысокий, что обусловлено малой общей биологической продуктивностью водоемов, низкой степенью загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов. Можно предположить, что содержание органического углерода определяется растворенными органическими веществами гумусового ряда, что характерно для незагрязненных тундровых рек и озер. Значения биологического потребления кислорода (БПК5) для всех исследуемых проб находятся в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии биологического загрязнения.

Общая жесткость проб составляет в среднем 0.18 ммоль-экв/л, что позволяет отнести исследуемые воды к мягким, что характерно для рек и озер, расположенных в зонах тайги и тундры с преимущественно атмосферным питанием. Общая жесткость выше в озерах старичного типа, протоках и ручьях, приуроченных к верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины, что может свидетельствовать о вкладе грунтового питания в формирование состава вод. Общая жесткость воды в водоемах, расположенных на верхнечетвертичной – современной аллювиально-озерной равнине, ниже, что по совокупным анализам вышеописанных параметров предварительно позволяет отнести их к термокарстовым озерам с преимущественно атмосферным (снеготалым) питанием.

Концентрации ионов  $Ca_2^+$ ,  $Mg_2^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  значительно ниже ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. По суммарному содержанию основных катионов и анионов в растворе исследуемые водные объекты можно разделить на три группы:

- A. Озера с наименьшими суммарными концентрациями анионов и катионов (6.9-17 мг/л), находятся севернее оз. Парисенто, приурочены к верхнечетвертичной – современной аллювиально-озерной равнине (II и III террасы). По косвенным геоморфологическим признакам сформированные на этой территории озера можно отнести к термокарстовым. Питание, вероятнее всего, осуществляется за счет снеготалых вод. В анионном составе преобладают гидрокарбонаты, вклад сульфат- и хлорид-ионов незначительный, среди катионов основные – магний и кальций. Воды этой группы объектов относятся к гидрокарбонатному классу, кальций-магниевому типу.

Б. Водоемы с суммарными содержаниями катионов и анионов от 8.6 до 92 мг/л, расположены к востоку и северо-востоку от оз. Парисенто и приурочены к верхнечетвертичной – современной озерной котловине на поверхности IV морской равнины. Водоемы этой группы представлены озерами старичного типа. Основной вклад в катионный состав вносит магний, в анионном составе приобретают значение сульфат- и хлорид-ионы.

В. Водотоки, приуроченные к верхнечетвертичной – современной аллювиально-озерной равнине, как и водоемы группы А, но по составу отличается от последних промежуточной минерализацией (12 - 43 мг/л), существенным вкладом сульфат- и хлорид-ионов. Эти 7 проб отобраны в точках впадения проток и ручьев в оз. Парисенто, в самом оз. Парисенто, оз. Круглом. Вероятно, специфика состава связана с относительно большим вкладом в питание грунтовых вод.

Концентрации ионных форм азота ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), фосфат-, йодид- и фторид-ионов в исследуемых водных пробах не превышают предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК<sub>рх</sub>). Полученные результаты позволяют отнести исследуемые воды к олиготрофным незагрязненным водоемам, колебания концентраций ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), фосфат-, йодид- и фторид-ионов находятся в пределах нормативных и не отражают особенностей генезиса водоемов.

Концентрации ряда микроэлементов оказались выше пределов обнаружения: Si, Fe, Al, Mn, Cr, Co, Ni, Sb, As, Ba, Sr, Rb, La, Ce, Nd, Y, Zr. При сравнении средних концентраций микроэлементов с кларковыми (для речных вод) и предельно допустимыми концентрациями (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.1315-03) выявлены аномалии для Fe, Mn, Cr, Rb, Sb и редкоземельных элементов La, Ce, Nd, Y. Происхождение аномалий Fe, Mn, La, Ce, Nd, Y имеет, вероятнее всего, природное происхождение и связано с геоморфологическим строением территории. Аномалии Cr, Sb и Rb не имеют связи с разделением групп по геоморфологическим признакам и гидрохимическому составу, они не обнаруживают корреляции с минерализацией, анионным и катионным составом. Потребуется дополнительное исследование для установления причин появления этих аномалий.

Содержание нефтяных углеводородов в исследуемых пробах варьирует от 0.38 до 2.27 мкг/л, что существенно ниже предельно допустимой концентрации для объектов хозяйственно-бытового водопользования. Углеводороды имеют природное происхождение. Исключение составляют несколько озерных проб (северо-восточнее оз. Парисенто), состав углеводородов которых (C18-C30) дает основание полагать, что они предположительно техногенного происхождения.



ЛИТЕРАТУРА

- Агбальян Е. В., Хорошавин В.Ю., Шинкарук Е.В. Характеристика обследованных малых озер нефтегазодобывающего региона по степени трофности // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2017. – № 2. – С. 8-12.
- Бешенцев В.А. Геохимия подземных вод мезозойского и палеозойского гидрогеологических бассейнов Ямальского и Гыданского полуостровов // Горные ведомости. Гидрогеология. – 2016. – Т. 5. – № 6. – 156-163.
- ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Минюст РФ, 2003.
- ГОСТ 18309-72. Вода питьевая. Метод определения содержания полифосфатов от 28.12.72
- ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов от 28.11.72
- ГОСТ 31957-2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов от 01.01.2014 г.
- ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
- Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. – 2012. – № 12. – С. 80–89.
- МИ 3024-07. Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений массовой концентрации йодида в моче с применением йодидселективного электрода «Элит-281».
- Моисеенко Т.И., Калабин Г.В., Хорошавин В.Ю. Закисление водосборов арктических регионов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2012. – № 2. – С. 49–58.
- Московченко Д.В. Гидрохимические особенности рек Мессояха и Монгаюрибей (Ямало-Ненецкий автономный округ) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2003. – № 4. – С. 137–144.
- НД Ф 14.1:2.3-95 (ФР.1.31.2007.03765). Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса (с дополнениями и изменениями) (издание 2004 года) от 20 марта 1995 г.
- Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения / Приказ Росрыболовства от 18 января 2010 г. № 30 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.
- ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (ФР.1.31.2007.03794) от 21 марта 1997 г. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом (с дополнениями и изменениями).
- ПНД Ф 14.1:2.101-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации растворенного кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим методом от 21 марта 1997 г.
- ПНД Ф 14.2.99-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации гидрокарбонатов в пробах природных вод титриметрическим методом 21 марта 1997 г.
- ПНД Ф 14.1:2:4.154-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом от 24 марта 1999 г.
- Пузанов А.В., Романов А.Н., Салтыков А.В. Микроэлементы в основных компонентах ландшафта Гыданского полуострова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 12 (146).
- РД 52.24.420-2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом от 27 марта 2007 г.
- РД 52.24.360-2008. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом от 01 февраля 2008 г.
- РД 52.24.361-2008. Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом от 23 января 2008 г.
- РД 52.24.367-2010. Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом от 19 июля 2010 г.
- РД 52.24.394-2012. Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений потенциометрическим методом с ионселективными электродами от 03 апреля 2012 г.
- Садыкова Я.В. Гидрогеология полуострова Гыдан // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 2. – № 1. – С. 140-144.
- Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. Пер. с англ. Соболева Р.Н., Соболевой Л.Т. – М.: Мир, 1988. – 384 с.
- Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Сезько Н.П., Доля И.Н., Погодаева Т.В. Гидрохимическая характеристика Гыданской губы (Карское море) // Природа шельфов и архипелагов Европейской Арктики. – 2010. – № 10. – С. 292-295.
- ФР.1.31.2007.03674. МВИ окислительно-восстановительного потенциала (Eh) жидких сред потенциометрическим методом с помощью электродов «ЭКОН-Eh» от 25.06.2007 г.

Хорошавин В.Ю., Селюков А.Г., Шуман Л.А., Алешина О.А. Проект комплексного исследования озерных экосистем Тазовского района: первые результаты // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2016. – № 4. – С. 93-98.

Abakumov E.V., Tomashunas V.M., Alekseev I.I. Electrical resistance profiles of permafrost-affected soils in the north of Western Siberia according to their vertical electrical sounding // Eurasian Soil Science. – 2017. – Т. 50. – № 9. – С. 1069-1076.

Chukov S.N., Ejarque E., Abakumov E.V. Characterization of humic acids from tundra soils of northern Western Siberia by electron paramagnetic resonance spectroscopy // Eurasian Soil Science. – 2017. – Т. 50. – № 1. – С. 30-33.

Ejarque E., Abakumov E. Stability and biodegradability of organic matter from Arctic soils of Western Siberia: insights from <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy and elemental analysis // Solid Earth. – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 153.

Abakumov E., Tomashunas V. Electric resistivity of soils and upper permafrost layer of the Gydan peninsula. – 2016. Polarforschung Volume 86, Issue 1, 2016, Pages 27-34

Mamaeva E.V., Suslova M.Y., Pogodaeva T.V., Parfenova V.V., & Zemskaya T.I. (2014). Microbial uncultured community of bottom sediments from the bays of Gydan and Yenisei of the Kara Sea. Oceanology, 54(3), 308-318.

Genkal S.I., & Yarushina M.I. (2014). A study of Bacillariophyta flora in water bodies and water courses of the Messoyakha River (Gydansky Peninsula). Contemporary problems of ecology, 7(5), 551-557.

*N.V. Yurkevich, O.P. Saeva, V.V. Olenchenko, A.I. Sinitsky*

## FEATURES OF CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS IN THE TAZOVSKY REGION OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

---

*The article presents the results of analysis of water composition by the main chemical parameters of the surface waters of lakes and streams near Lake Parisento (Yamal-Nenets Autonomous District, Tazovsky region). Analysis of 28 water bodies was conducted to establish the background state of the ecosystem before the beginning of industrial development of the territories. Based on the results of the studies, the ecological state of the systems can be considered satisfactory. Unique data on the content of trace elements and petroleum products in the waters of the Gydan Peninsula have been obtained.*

**Keywords:** Gydan Peninsula, Tazovsky region, water ecosystems, water quality, geochemistry of waters, trace elements, petroleum products, thermokarst lakes.

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОЛУБЫХ ОЗЕР НАДЫМ-ПУРОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

---

*В статье представлены результаты исследования трех голубых озер Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа. На основе экспресс-методов анализа в полевых условиях определены значения температуры, pH, общей минерализации, удельной электропроводности и окислительно-восстановительного потенциала поверхностных вод. При натурных измерениях с использованием уникального автоматизированного радиоуправляемого батиметрического комплекса установлены морфометрические характеристики озер и построены 3D-модели озерных котловин и рельефа дна.*

**Ключевые слова:** *Надым-Пуровское междуречье, голубые озера, батиметрическая съемка, физико-химические характеристики вод.*

Озера являются удобными объектами для изучения закономерностей геологической истории и формирования современного облика земной поверхности, особенностей естественного и техногенного гео- и гидрохимического фона территорий. Наиболее информативными для выявления как региональных, так и глобальных изменений окружающей среды являются малые озера. Химический состав вод малых озер при отсутствии локального загрязнения более детально отражает зональную и региональную специфику условий его формирования [Гашкина, 2014].

На севере Западной Сибири с 1950-1960-х годов известны озера с аномальным цветом воды, которые впервые были подробно описаны И.Л. Кузиным [1973]. Более тысячи сходных объектов были обнаружены на основе дистанционных данных для территории Западно-Сибирской газоносной провинции (за исключением Ямала и Гыдана). При этом большинство т.н. «голубых озер» (58%) оказались расположены над месторождениями нефти и газа. Дополнительными полевыми работами установлено, что голубые озера характеризуются пониженным содержанием органического вещества, малым видовым разно-

образием растительности и рыб, высоким (до 10-12,5 мг/л) содержанием сульфат-иона. Зеленовато-голубой цвет может быть обусловлен массовым развитием сине-зеленых водорослей на дне водоемов [Кузин, 2001].

По всей видимости, существует устойчивая связь цвета воды с наличием газопроявлений в донных отложениях. Эта связь возникает в ситуации, когда одним из источников серы (питательного вещества для сине-зеленых водорослей) является постоянный приток газонасыщенных подземных вод, содержащих в растворенном виде сульфиды из нижележащих морских отложений. [Кузин и др., 1990; Кузин, 1992]. Вместе с тем для озер с устойчивым на протяжении нескольких лет голубым цветом и озер со значительными колебаниями уровня воды вполне возможен привнос сульфатных газонасыщенных глубинных вод по активным зонам [Богоявленский и др., 2016].

Объектами данных исследований в августе 2017 года являлись три бессточных озера, расположенных в Надымском районе Ямало-Ненецкого АО (рис. 1) и относящихся по размеру к малым (с площадью водной поверхности менее 10 км<sup>2</sup>).



Рис. 1. Обзорная карта расположения исследуемых озер



Рис. 2. Озеро Голубое-2

Озера имеют характерную форму почти правильного овала с прозрачной водой голубого оттенка (рис. 2). Они расположены на 2-й надпойменной террасе р. Надым. Почвообразующие породы, во многом определяющие гидрохимический состав озерных вод, представлены рыхлыми белесыми песками мощностью 4-5 м, с небольшими линзами зерен более 1 мм, вплоть до небольшой гальки, морфологически напоминающие переотложенные флювиогляциальные осадки, формирующиеся в ультрапресной обстановке и характеризующиеся промывным режимом [Сизов и др., 2017]. Речные отложения залегают на однородной толще салемадьских (Q<sub>3</sub>) морских глин [Отчет..., 1958].

Измерения глубин на рассматриваемых озерах проводились с помощью автоматического батиметрического комплекса (рис. 3). Комплекс собран на базе радиоуправляемой модели корабля, на которую был дополнительно установлен эхолот Garmin EchoMAP 42CV и модуль управления Pixhawk MicroPix PX4, аналогичный модулям для беспилотных летательных систем. Управление комплексом может осуществляться как в ручном режиме с помощью пульта, так и в полностью автономном режиме, при этом аппарат движется по заданному заранее маршруту движения. Измерения глубин осу-

ществлялись на скорости 4-8 м/с, аппарат также может выходить на режим глиссирования (8-15 м/с), однако в данном случае увеличение скорости приводит к уменьшению точности данных и плотности измерений.

Для исследуемых озер количество измерения глубин составляло от 800 до 1200 точек, в зависимости от размеров озера, маршрут движения аппарата представлял собой концентрическую спираль с расстоянием между витками 5-7 метров, такой способ обеспечил наиболее оптимальное соотношение плотности точек и скорости проведения измерений.

Все три озера имеют схожую морфологию дна и общую схему распределения глубин. Наиболее схожими по рельефу дна являются озера № 2 и № 3, у которых отчетливо прослеживается воронкообразная форма дна. Ниже, в табл. 1 и на рис. 4, представлены результаты морфометрических и батиметрических измерений.

Учитывая значительную (до 12 м) глубину и правильную форму изученных озер, можно высказать предположение в пользу эндогенного происхождения озерных котловин. Ключевым признаком в данном случае является наличие в центральной части каждого озера углубления, морфологически напоминающего сип.

Табл. 1

**Местоположение и морфометрические характеристики обследованных озер**

Название	Географические координаты	Максимальные линейные размеры, м	Максимальная глубина, м	Площадь, м <sup>2</sup>
Голубое-1	65°20'28.6»N 72°59'02.1»E	длина - 217, ширина - 190	7,7	31 620
Голубое-2	65°19'17.0»N 72°58'19.0»E	длина - 127, ширина - 101	8,3	9 544
Голубое-3	65°12'51.8»N 73°11'11.4»E	длина - 210, ширина - 153	12,0	25 734

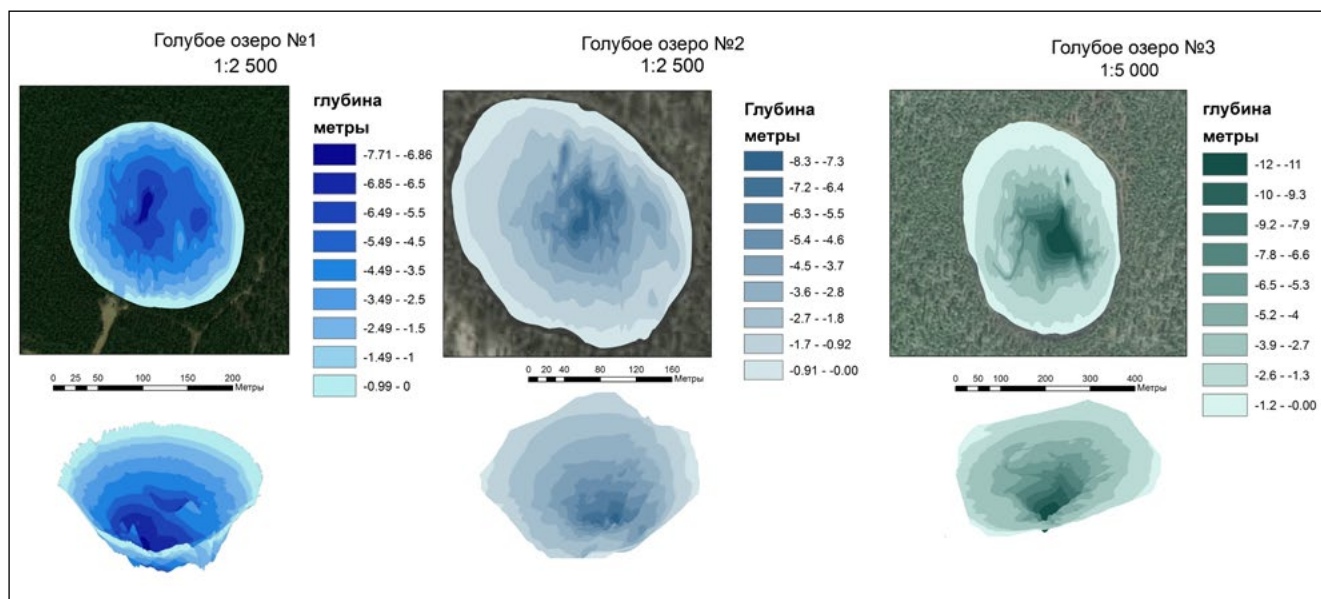


Рис. 4. Результаты батиметрических измерений глубин «голубых» озер и 3D-модели рельефа дна

Геологическое строение подобных сипов хорошо изучено на примере озер Teshekpuk и Qalluuraq на севере Аляски [Source Characterization ..., 2013], результаты геофизической съемки одного из которых представлены на рис. 5.

Выбросы газа в изученных озерах могли наблюдаться во время деградации многолетней мерзлоты после окончания одного из криохронов. На современном этапе глубина котловин превышает мощность аллювиальных отложений, т.е. вполне возможен приток грунтовых вод по глинистому водоупору. При этом в растворе могут содержаться и серосодержащие соединения. Однако для подтверждения эндогенного механизма привноса сульфатов необходимо проведение дополнительных геофизических исследований, которые могут подтвердить нарушение слоистости четвертичных отложений. Кроме того, для изучения состава грунтовых вод требуется детально проанализировать химический состав донных отложений.

Основные физико-химические показатели поверхностных вод определялись в полевых условиях с использованием приборов для измерения температуры, pH, окислительно-восстановительного потенциала, удельной электропроводности и общей минерализации жидких сред фирмы HM Digital (PH-200 с погрешностью 0,1 ед. pH с автокомпенсацией по температуре в интервале 0-80 °С, ORP-200 с погрешностью 0,5 % с рабочей температурой в интервале 0-80 °С, COM-100 с погрешностью 2 % с автокомпенсацией по температуре в интервале 0-50 °С). Измерения проводили в пробах воды, отобранных с глубины 0,5 м от поверхности и 0,5 м от дна при помощи пробоотборника СП-2.

Физико-химические показатели поверхностных вод термокарстовых озер в районе исследований, измеренные во время пробоотбора, приведены лишь в работе П.Т. Орехова [2010]. Поэтому полевые данные о состоянии поверхностных вод, полученные экспресс-методами, представляют значительный научный интерес и

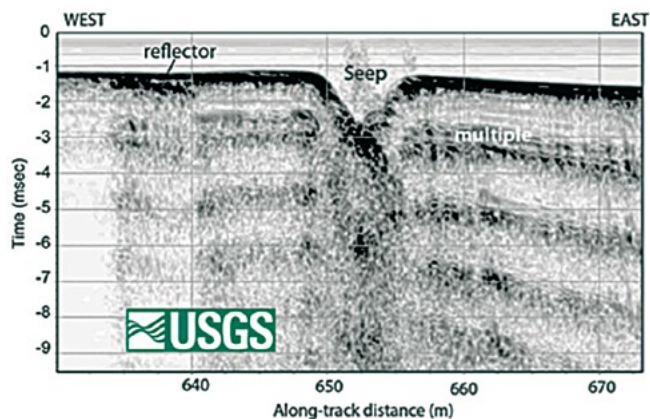


Рис. 5. Геофизический профиль газового сипа на дне озера Qalluuraq (северная Аляска) [Source Characterization..., 2013]

могут использоваться для корректировки лабораторных анализов.

Органолептическое определение характеристик вод исследованных озер показало, что все воды прозрачные, бесцветные, без вкуса и запаха.

Замеры температур поверхностных и придонных вод не выявили достоверных различий (наблюдается тенденция снижения температуры придонных вод на самом глубоком озере № 3), что согласуется с данными П.Т. Орехова [2010].

Результаты измерений физико-химических свойств вод «голубых» озер Надымского района представлены в табл. 2.

Значения pH изменяются в диапазоне 5,84-7,18, что соответствует слабокислым и нейтральным водам. По всей вероятности, процессы закисления не характерны для «голубых» озер региона. Достоверных различий в значениях pH поверхностных и придонных вод не отмечено.

Физико-химические свойства вод «голубых» озер Надымского района

Место отбора	Температура, С°	pH, ед. pH	Минерализация, TDS, ppm	Удельная электропроводность, мкСм/см	Окислительно-восстановительный потенциал, Eh, mv
Озеро 1 (2 точки)					
Поверхность	18,8 - 22,0	6,43 - 6,45	2,1 - 2,6	3,5 - 3,7	185 - 190
Дно	18,5 - 22,0	6,48	2,2 - 2,7	3,6 - 4,5	212 - 218
Озеро 2 (3 точки)					
Поверхность	18,1 - 19,6	6,12 - 6,18	1,6 - 1,9	2,6 - 3,0	228 - 274
Дно	17,9 - 19,2	6,15 - 6,22	1,6 - 1,7	2,5 - 2,7	247 - 273
Озеро 3 (2 точки)					
Поверхность	13,1 - 15,0	5,86 - 7,18	2,1 - 3,1	3,3 - 4,8	211 - 233
Дно	11,6 - 14,0	5,84 - 5,91	2,2 - 2,6	3,4 - 4,5	224 - 248

По показателю общей минерализации (TDS) изученные воды относятся к ультрапресным [Справочник..., 1989], что является природным феноменом и связано с геологическими особенностями района происхождения вод. Достоверных различий в значениях TDS поверхностных и придонных вод не отмечено. Исследование химического состава растворенных солей в озерных водах будет продолжено, так как необходимо установить наличие или отсутствие сульфат-ионов, присутствием которых объясняется активность синезеленых водорослей [Кузин, 2001].

Низкие значения удельной электропроводности (2,5-4,8 мкСм/см, что соответствует уровню атмосферных осадков вне промышленных районов) косвенно свидетельствуют об отсутствии прямого контакта с четвертичными морскими глинистыми отложениями, обуславливающими высокую общую минерализацию

природных вод и, как следствие, высокие значения УЭП. Достоверных различий в значениях УЭП поверхностных и придонных вод также не отмечено.

Гидрохимический состав термокарстовых озерных вод Надым-Пуровского междуречья в целом изучен недостаточно [Орехов, 2010; Манасыпов и др., 2012; Е.В. Агбалян, Е.В. Шинкарук, 2015; Агбалян и др., 2015]. В приведенных работах содержатся материалы по десяти озерам северной тайги региона. Наиболее полное обследование (22 малых озера в северотаежной подзоне Ямало-Ненецкого АО) было выполнено в рамках реализации НИР № 11.G34.31.0036 «Качество вод в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в регионах Западной Сибири», результаты которой изложены в ряде публикаций [Кремлева и др., 2012; Гашкина и др., 2012; Паничева и др., 2015 и др.]. Компильция физико-химических характеристик озерных вод приведена в табл. 3.

Табл. 3

Физико-химические характеристики изученных озер северной тайги ЯНАО

Авторы	n	pH, ед. pH	Удельная электропроводность, мкСм/см
Орехов, 2010	4	4,45-6,40	до 10
Манасыпов и др., 2012	4	4,43 - 5,05	7,30-12,20
Кремлева и др., 2012	22	4,94 - 6,90	6,7-59,8
Агбалян, Шинкарук, 2015	2	4,9-5,7	13,4-16,5

Таким образом, изученные объекты имеют ряд общих особенностей: сходные морфологические и батиметрические характеристики, одинаковые величины физико-химических параметров, и могут быть отнесены к «голубым» озерам, – специфическим аномальным объектам гидрографии региона. В дальнейшем планируется продолжить исследования для подтверждения наличия крупных воронок газовых выбросов на

севере Западной Сибири, что существенно дополнит представления о естественном разнообразии гидрологических и гидрохимических процессов в данном регионе.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ЯНАО (грант № 16-45-890529p\_a) и Благотворительного фонда В. Потанина (Договор № ГПК-17/16 от 24.04.2016 г.).*

**ЛИТЕРАТУРА**

---

- Агбальян Е.В., Шинкарук Е.В. Гидрохимические показатели качества природных вод малых озер бассейна реки Надым // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 11-2. – С. 186-190.
- Богоявленский В.И., Сизов О.С., Богоявленский И.В., Никонов Р.А. Дистанционное выявление участков поверхностных газопроявлений и газовых выбросов в Арктике: полуостров Ямал // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 3 (23). – С. 4-15.
- Гашкина Н.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод малых озер в современных условиях изменения окружающей среды: дис. д-ра геог. наук. – М., 2014. – 207 с.
- Гашкина Н.А., Моисеенко Т.И., Кремлева Т.А. Особенности распределения биогенных элементов и органического вещества в малых озерах и лимитирование их трофности на Европейской территории России и Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2012. – № 12. – С. 17-25.
- Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2012. – № 12. – С. 80-89.
- Кузин И. Л. Развитие представлений о новейшей тектонике и ее влиянии на формирование и размещение месторождений нефти и газа // Тр. ЗапСибНИГНИ [Тюмень]. – 1973. – Вып. 73. – С. 6-20.
- Кузин И.Л. О природе аномальных озер – показателей скоплений углеводородов в глубоких горизонтах осадочного чехла / Проблемы оценки новых зон нефтегазоаккумуляции в основных продуктивных толщах Западной Сибири/ – СПб.: ВНИГРИ, 1992. – С. 129-137.
- Кузин И. Л. Голубые озера областей гумидного климата // Изв. Рус. геогр. о-ва. – 2001. – Т. 133, вып. 3. – С. 44-57.
- Кузин И.Л., Любина Ю.Н., Рейнин И.В. Газопроявления на озерах Западной Сибири и их связь с месторождениями нефти и газа // Тектонические критерии выделения и прогноза зон нефтегазоносности (с использованием космической информации). – Л.: ВНИГРИ, 1990. – С. 117-127.
- Манасыпов Р.М., Кирпотин С.Н., Покровский О.С., Широкова Л.С. Особенности элементарного состава озерных вод и макрофитов термокарстовых экосистем Субарктики Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 3 (19). – С. 186–198.
- Орехов П.Т. Аквальные природные комплексы северной тайги Западной Сибири // Криосфера Земли – 2010. – т. XIV, № 2. – С. 23–28.
- Отчет партии № 4 по геологической съемке масштаба 1:1000000 бассейна р. Хейги-Яха (Лонг-Юган). – Ленинград, 1958.
- Паничева Л.П., Моисеенко Т.И., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Формирование состава органических веществ в малых озерах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2015. – Т. 1, № 1 (1). – С. 151-163
- Сизов О.С., Лоботросова С.А., Соромотин А.В. Лишайниковые сосняки северной тайги Западной Сибири как индикатор ледниковых условий рельефообразования // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 2. – С. 60-68.
- Справочник по гидрохимии / под ред. А. М. Никанорова/ - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.
- Source Characterization and Temporal Variation of Methane Seepage from Thermokarst Lakes on the Alaska North Slope in Response to Arctic Climate Change. Final Technical Report. United States. UNT Digital Library. May 29th, 2013 [Электронный ресурс] <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc840235/> Дата обращения: 25.06.2016.

*A.V. Soromotin, O.S. Sizov, N.V. Prikhodko, L.A. Taburkin,  
A.A. Kormiltseva, A.A. Efimova, T.V. Ivanuyk*

## MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND HYDROCHEMICAL FEATURES OF “BLUE” THERMOKARST LAKES IN THE NADYM-PUR INTERFLUVE AREA

---

*The article presents the results of studies of three “blue” thermokarst lakes in the Nadym region of the Yamal-Nenets Autonomous District. On the basis of express methods of analysis, the values of temperature, pH, total mineralization, specific electrical conductivity and redox potential of surface waters were determined directly in the field. When carrying out full-scale measurements, a unique automated radio-controlled bathymetric complex was used. Morphometric characteristics of lakes were determined and 3D models of lake basins and bottom relief were built.*

**Keywords:** *Nadym-Pur interfluve area, “blue” thermokarst lakes, bathymetric survey, physicochemical characteristics of water.*



## МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЩУЧЬЕ

---

*Проведено междисциплинарное экологическое исследование озера Большое Щучье (Полярный Урал), включая морфометрию. Озеро Большое Щучье тектонического происхождения, морфометрия котловины характеризуется крутым подводным склоном и резким увеличением глубины в центральной части и менее крутым склоном в северо-западной и юго-восточной частях. Это наиболее крупное по объему воды (0,89 км<sup>3</sup>) и самое глубокое (до 163 м) озеро на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.*

**Ключевые слова:** ЯНАО, озеро Большое Щучье, карта глубин, морфометрия озера.

### ВВЕДЕНИЕ

Морфометрия озер, как раздел лимнологии, является частью морфометрии – учения о принципах и методах количественной характеристики форм рельефа, представляющей собой, с одной стороны, раздел геоморфологии, с другой – картографии. При этом морфометрия озер отличается не только спецификой объектов (озер), но и принципами, методами, так как исследует и озерную котловину, и массу воды, ее наполняющую. Тем самым она отражает не только специфику процесса развития данной котловины, но и процессы, протекающие в водных массах озера [Муравейский, 1948]. Морфометрические показатели озера включают абсолютные и относительные величины, характеризующие форму и размеры озерной котловины, количество заполняющей ее воды [Богословский, 1960]. Абсолютные морфометрические характеристики имеют размерность  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $L^3$ : соответственно, длина, ширина, глубина (максимальная, средняя, наиболее часто встречаемая), длина береговой линии, площадь акватории (при фиксированном уровне), объем воды (при фиксированном уровне). Относительные характеристики, например, форма (соотношение средней глубины и глубины положения центра тяжести озера), емкость (соотношение средней и максимальной глубин) котловины, удельный водосбор (соотношение площадей водосбора и озера) безразмерны. Безразмерность относительных характеристик дает возможность установления подобия озер не только по морфометрии, но и по характеристикам их экосистем

в целом. Значимость морфометрических характеристик водных объектов для их экологического состояния и биологической продуктивности подробно рассмотрена А.П. Мусатовым [Мусатов, 2001].

Природные наземные и водные экосистемы Ямало-Ненецкого автономного округа подвергаются интенсивной антропогенной нагрузке, обусловленной развитием нефтегазового комплекса. В связи с чем особую актуальность приобретают экологические исследования на фоновых территориях.

Озеро Большое Щучье расположено в бассейне Нижней Оби на восточном макросклоне Полярного Урала в тектонической впадине, протянувшейся с северо-запада на юго-восток более чем на 25 километров. Впадина включает в себя само озеро, большую часть русла реки Пырятанё, впадающей в озеро с северо-запада, а также верховья реки Большой Щучьей, вытекающей с юго-востока. которая, сливаясь с притоками Сэрмальяхой и Малой Щучьей, впадает в р. Обь. Это самое большое озеро Полярного Урала, второе на Урале по запасам воды и глубине после оз. Увильды и 15-е из самых глубоких озер России, находится на территории природного парка Полярно-Уральский [Богданов и др., 2004; Потапова и др., 2006], расположено на высоте 185 метров над уровнем моря.

В рамках мероприятий программ комплексной научно-исследовательской арктической экспедиции «Ямал-Арктика 2016» НП «Межрегиональный экспедиционный центр «Арктика» было проведено междисци-

плинарное (комплексное) экологическое исследование озера Большое Щучье. Цель работы – исследование состава, структуры и функционирования экосистемы глубокого озера тектонического происхождения в условиях Субарктики, природных и антропогенных факторов ее изменения, для оценки современного экологического состояния и трофического статуса озера. Дана морфометрическая характеристика озера.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 15 по 18 августа 2016 г. было проведено эхолотирование дна озера Большое Щучье по стандартной методике [ГОСТ 21667-76]. Измерение глубин производилось с равным шагом – 10 метров по вертикали при движении по курсу от берега к берегу в разных направлениях. Всего было зафиксировано эхолотом 420 точек.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным эхолотирования была создана батиметрическая карта озера – изображение подводного рельефа при помощи линий равных глубин – изобат и отметок глубин (рис.1). Наибольшая глубина – 163 м – была зафиксирована в центральной части озера. Кроме того, недалеко от этого места, примерно в 1,5 км севернее,

было также обнаружено углубление до 160 метров. Для анализа подводного рельефа построены профили озера в северной (профиль 1), центральной (профиль 2) и южной (профиль 3) частях, а также продольный профиль водоема (профиль 4) (рис. 2).

Озеро тектонического происхождения и, как характерно для озер данного типа, имеет крутой склон и резкое увеличение глубины в центральной части и менее крутой склон в северо-западной и юго-восточной частях озера.

Северный, профиль 1 (рис.3.) располагается в узкой части озера и имеет корытообразный вид. Углубление с левой и правой стороны практически одинаковое и равномерное (склон левого берега 20°-30°; правого берега 25°-35°), но снос и углубление наблюдается чуть больше в правую часть водоема. Это связано с прилегающими в этой части более высокими и крутыми горными массивами, с отметками высот 1004 и 978 м. Возможно, с этих гор, благодаря пересыхающему ручью, выносится обломочный материал и на профиле виден нанос на глубинах от 60 до 80 м, что и создает асимметричные очертания профиля. Максимальная глубина в этой части озера 130 м, ширина 675 м. Площадь водного сечения озера составляет 81625 м<sup>2</sup>. Средняя глубина 120,9 м.

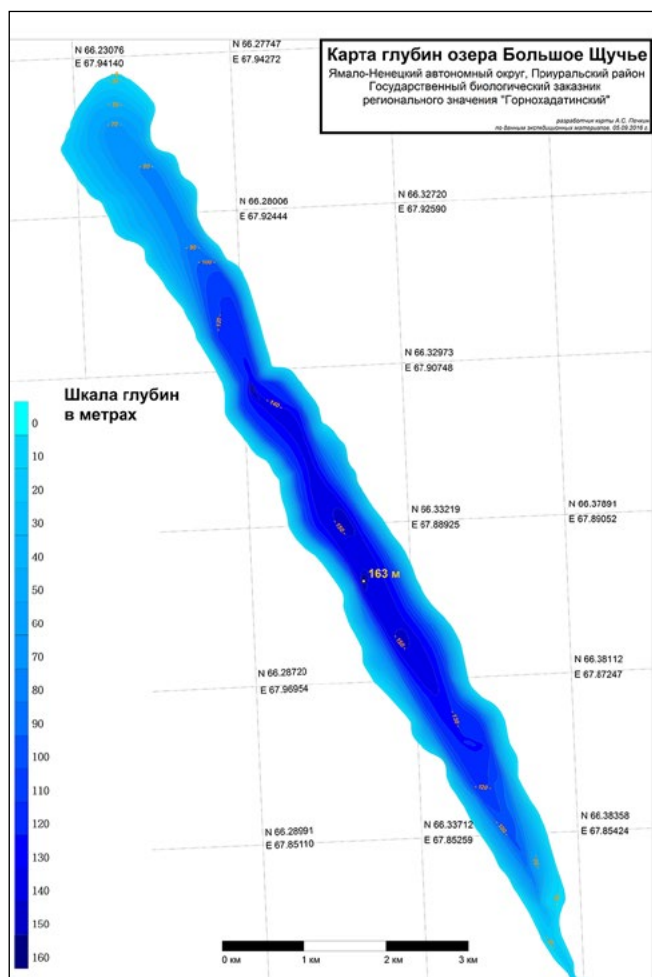


Рис. 1. Батиметрическая карта озера Большое Щучье

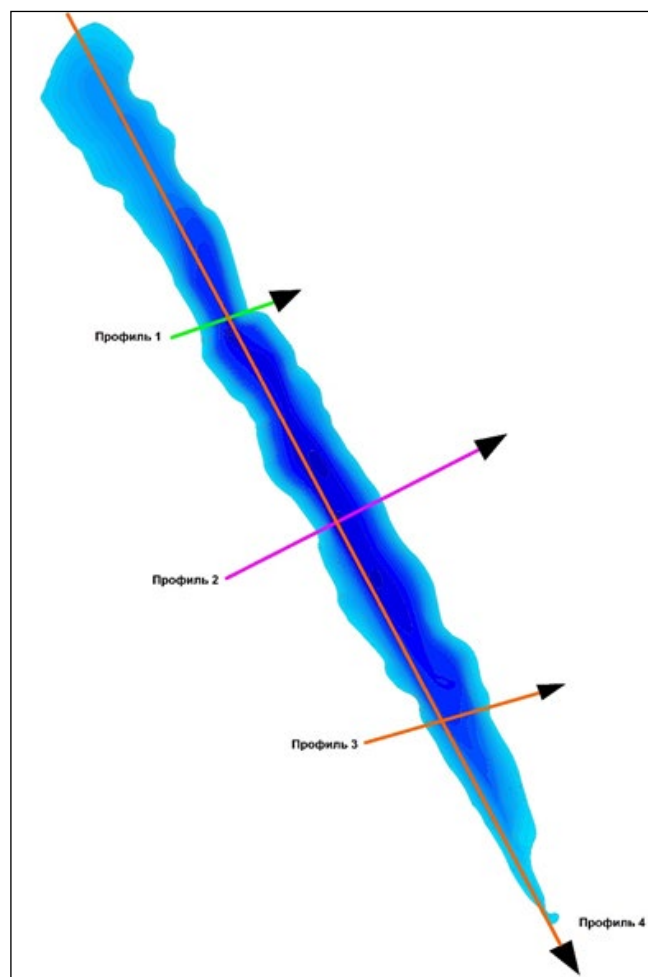


Рис. 2. Схема направлений профилей

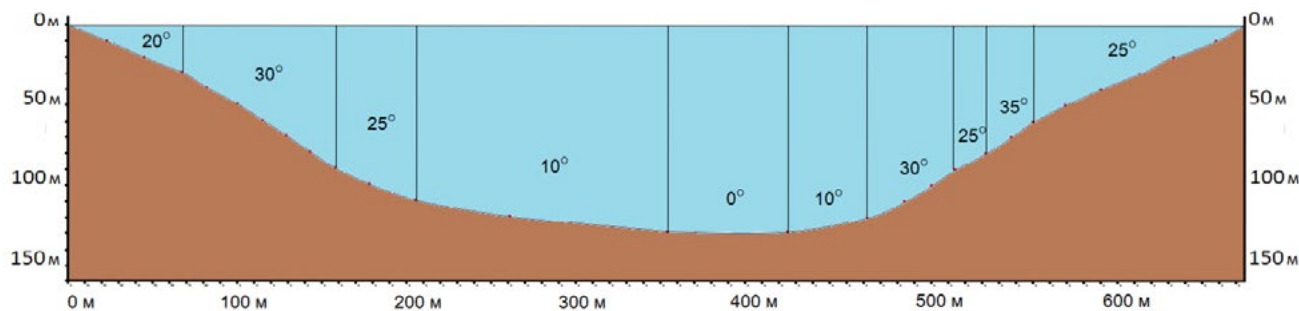


Рис. 3. Северный профиль озера Большое Щучье

Профиль в центральной части (рис. 4) построен в широкой и самой глубокой части озера, выражен несимметрично – свал и углубление направлены в левую часть профиля. Правый и левый берега, до отметки 100 м, углубляются практически равномерно (уклон левого берега 10° до 50 м в глубину, затем 15° до глубины 100 метров; и правого – 15° до 50 м в глубину и 10° до углубления в 100 метров) и имеют пологий характер; глуб-

же, левый берег становится крутым (35° – 40°), правый берег становится равномерным и пологим (20° – 10°). Возможно, в левой части профиля, на длине 320-340 м, – находится тектоническая трещина. Кроме того, здесь имеются углубленные участки в 150 и 160 метров и зафиксирована наибольшая глубина (163 м). Ширина озера в этой части 948 м. Площадь водного сечения озера составляет 143530 м<sup>2</sup>. Средняя глубина 152,2 м.

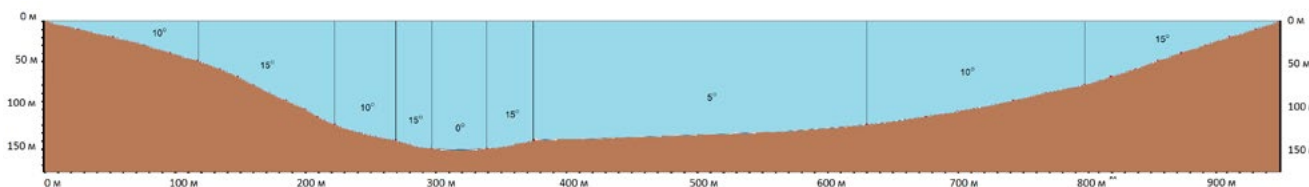


Рис. 4. Центральный профиль озера Большое Щучье

Профиль 3, расположенный в южной части озера, напротив стационара «Ямалкан» (рис. 5), похож на северный профиль, имеет такое же очертание корытообразного вида. В отличие от северного профиля, на юге отсутствует свал и углубление направлено симметрично

в центральную часть. С левой и правой сторон углубления направлены под одинаковыми градусами (20°-30°). Максимальная глубина в этой части озера 120 м, ширина – 873 м. Площадь водного сечения озера составляет 108810 м<sup>2</sup>. Средняя глубина 124,6 м.

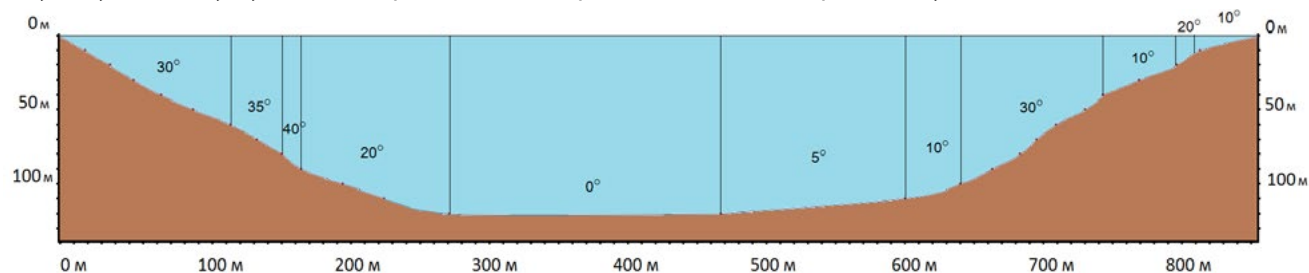


Рис. 5. Южный профиль озера Большое Щучье

Помимо поперечных профилей, был построен продольный профиль озера (Рис. 6)

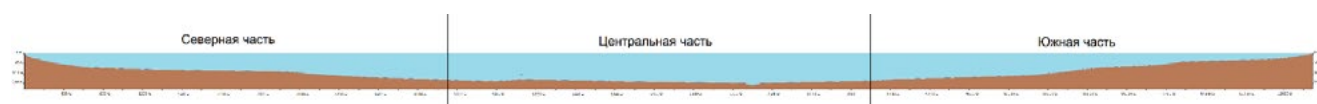


Рис. 6. Продольный профиль озера Большое Щучье

Продольный профиль имеет корытообразный вид и углубление с северной части проходит более интенсивно, чем с южной части. Это связано с тем, что в северной части озера впадает река Пырятанё и происходят процессы выноса, мелкодисперсные фракции (илы) выносятся вглубь озера до южной части, где оседают. В южной части протекают противоположные процессы,

из-за медленного водообмена в самом озере – мелкодисперсные фракции оседают перед впадением в реку Щучье, и выражены рыжим коркообразным наилком.

По литературным данным [Архипова, Ястребов, 1990], длина озера – 12,98 км, наибольшая ширина – 1,31 км, наименьшая – 0,69 км, площадь – 11,85 км<sup>2</sup>. Объем воды в нем 0,78 км<sup>3</sup>, площадь водосбора 227 км<sup>2</sup>. Долгое

время максимальная глубина озера, по данным А. Кеммериха (1936), составляла 136 м.

Интегральные морфометрические характеристики озера, полученные в августе 2016 г. и соответствующие

этому периоду годового гидрологического цикла, свидетельствуют о больших величинах глубины, площади акватории и объема водных масс озера (рис. 7), по сравнению с указанными ранее в научной литературе.

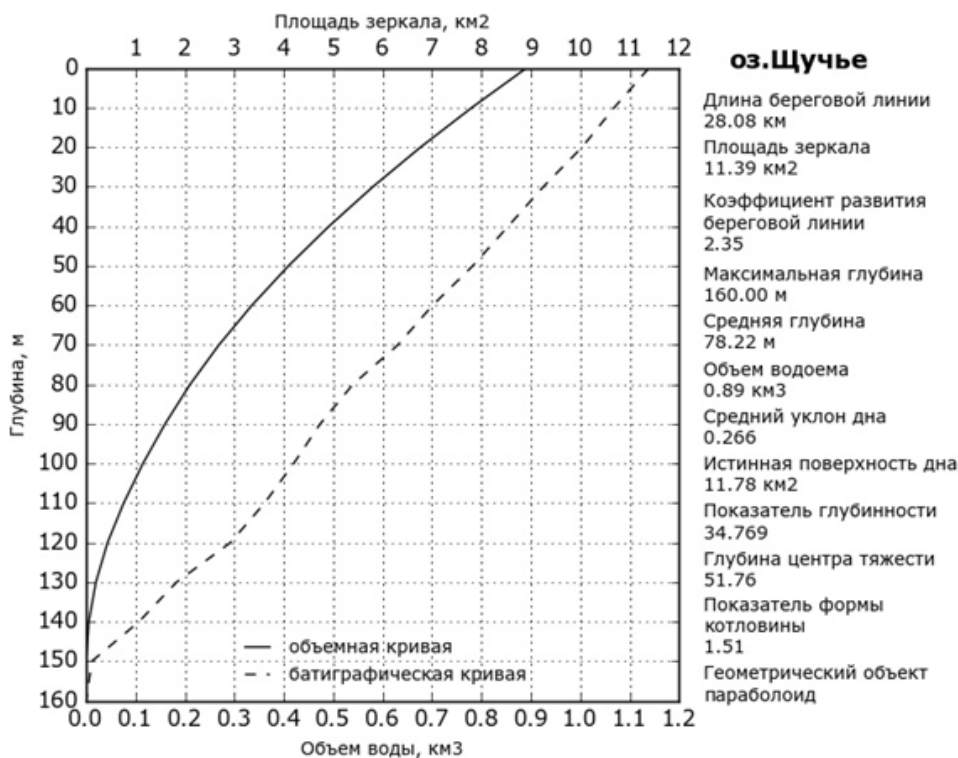


Рис. 7. Интегральные морфометрические характеристики озера Большое Щучье

По количественным характеристикам формы (соотношение средней глубины и глубины положения центра тяжести озера) и емкости (соотношение средней и максимальной глубин), равными соответственно 1,5 и 0,5, котловина озера Большое Щучье подобна параблоиду.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено междисциплинарное экологическое исследование озера Большое Щучье (Полярный Урал), включая морфометрию. Озеро Большое Щучье тектонического происхождения, морфометрия котловины характеризуется крутым подводным склоном и резким увеличением глубины в центральной части и менее крутым склоном в северо-западной и юго-восточной частях. Это наиболее крупное по объему воды (0,89 км<sup>3</sup>) и самое глубокое (до 163 м) озеро на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

Исследования озера в 2016 году были выполнены в августе, в период максимального уровня развития биоценозов. Но для характеристики экосистемы озера, оценки современного экологического состояния водоема и прогноза его возможных изменений необходимо

провести круглогодичные исследования. Программа этих исследований должна включать наблюдения динамики уровня воды в озере и измерения расхода воды в связанных с ним реках, определение химического состава воды и донных отложений, состава и уровня развития растительных и животных организмов. Для оценки влияния гидрометеорологических условий на формирование и функционирование экосистемы озера необходимо провести наблюдения температуры воздуха, количества атмосферных осадков, направления и скорости ветра.

### БЛАГОДАРНОСТИ

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

ЛИТЕРАТУРА

---

Архипова Н.П., Ястребов Е.В. Как были открыты Уральские горы. – Свердловск: Сред-Урал. кн. изд-во, 1990. – 83 с.

Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Гаврилов А. Л., Мельниченко И. П., Степанов Л. Н., Ярушина М. И. Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 167 с.

Богословский Б.Б. Озероведение. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 332 с.

ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения. От 01.02.2002 г.

Муравейский С.Д. Очерки по теории и методам морфометрии озер // Вопросы географии. Сборник 7. – 1948. – С. 65-99.

Мусатов А.П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов. – М.: Научный мир, 2001. – 191 с.

Потапова Н.А., Назырова Р.И., Забелина Н.М., Исаева-Петрова Л.С., Коротков В.Н., Очагов Д.М. Сводный список особо охраняемых природных территорий Российской Федерации (справочник). Часть II. – М.: ВНИИ природы, 2006. – 364 с.

*A.S. Pechkin, V.V. Kirillov, M.I. Koveshnikov, A.S. Krasnenko,  
A.V. Saltykov, A.V. Timkin, A.V. Dyachenko*

## MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE LAKE BOLSHOE SHCHUCHYE

---

*Interdisciplinary ecological study of the Lake Bolshoe Shchuchye (the Polar Urals), including morphometry, was carried out. The Lake Bolshoe Shchuchye is of tectonic origin, the morphometry of the basin is characterized by a steep underwater slope and a sharp increase in depth in the central part and a less steep slope in the northwestern and southeastern parts. This is the largest in terms of water volume (0.89 km<sup>3</sup>) and the deepest (up to 163 m) lake in the Yamal-Nenets Autonomous District.*

**Keywords:** *Yamal-Nenets Autonomous District, Lake Bolshoe Shchuchye, bathymetric map, lake morphometry.*

## ДИНАМИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Статья посвящена анализу многолетней изменчивости стока воды рек Арктической зоны Западной Сибири. Исходными материалами для исследования послужили данные государственной сети Росгидромета на 10 гидрологических постах за многолетний период. В работе были применены системный и географо-гидрологический подходы, использованы методы статической обработки гидрологической информации. Анализ динамики стока проведен за весь период наблюдений и за современный климатический период, построены линейные тренды годового и сезонного стока, определена их статистическая значимость. Установлено, что для всех рек характерно увеличение стока холодного периода. Для больших рек бассейна Обско-Тазовской губы определено преимущественное несовпадение фаз водности. Асинхронность колебаний средних рек обуславливается расположением их водосборов в разных природных зонах. Для малых рек характерно совпадение основных тенденций, однако широкие пределы изменчивости указывают на влияние азональных факторов. Установлено, что в многоводную фазу увеличивается амплитуда колебаний стока. Предложено уточнить водохозяйственное районирование путем детализации водохозяйственных участков крупных рек. Для водохозяйственного планирования важно проведение наблюдений на гидрологической сети с целью оценки изменчивости водных ресурсов.*

**Ключевые слова:** водный сток, водные ресурсы, Западная Сибирь, Ямало-Ненецкий автономный округ, Арктика, река Обь, водохозяйственное районирование, изменение климата.

За последнее десятилетие Федеральным агентством водных ресурсов проведена значительная работа по гидрографическому и водохозяйственному районированию, разработке новых схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) и нормативов допустимого воздействия (НДВ). Выделены крупные гидрографические единицы – бассейновые округа, состоящие из водохозяйственных участков. Рассчитанные для каждого водохозяйственного участка НДВ дают количественные оценки водопользования и водопотребления с учетом региональных особенностей гидрологического режима и фоновых значений качества вод [О гидрографическом и водохозяйственном районировании, 2006; Об утверждении Методики, 2007; Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов, 2007; Об утверждении Методических указаний по разработке схем, 2007].

В Российской Арктике развивается концепция создания опорных зон, предусматривающая системное и разноплановое развитие территории. В связи с этим нагрузка на использование водных ресурсов в Арктике

возрастает как в количественном, так и в качественном отношении. В Арктической зоне Западной Сибири предлагается создание Ямало-Ненецкой опорной зоны [Смирнова и др., 2016]. Развитие этой опорной зоны будет связано с действием порта Сабетта, реализацией транспортных мегапроектов Северного морского пути и Северного широтного хода. Поэтому исследование динамики водных ресурсов севера Западной Сибири является актуальным и имеет практическую значимость.

С другой стороны, актуальность исследования связана с оценкой последствий изменения климата на водные объекты. Современные изменения климатической системы Земли с середины XX века определены исследователями как неоспоримый факт [IPCC, 2013]. Арктический регион отличается особой восприимчивостью и уязвимостью от природно-обусловленных климатических изменений. Общие тенденции потепления в Арктике изложены в современных работах [Второй оценочный доклад, 2014; Катцов, Порфирьев, 2012; Семенов, 2010]. Оценка последствий изменения климата на динамику стока рек и водные ресурсы на региональном уровне

имеет важное экологическое и социально-экономическое значение.

Климатический фактор влияния на сток рек среди физико-географических факторов определен как ключевой. Также сток рек формируют рельеф, геологическое строение, почвы, растительность и другие физико-географические факторы, которые находятся в непрерывном движении и взаимно обуславливают друг друга [Кузин, 1960].

Определение степени влияния того или иного фактора окружающей среды на гидрологический режим водных объектов достаточно затруднено в связи с существованием нескольких уровней изменчивости. Природная или географическая зональность проявляется в закономерной дифференциации географической оболочки на зоны, отличающиеся друг от друга по ряду характеристик, в том числе соотношению тепла и влаги [Григорьев, Будыко, 1956]. Это соотношение меняется во времени и пространстве от зоны к зоне постепенно, и лишь на локальных уровнях эти различия могут проявляться скачкообразно. Например, сток с водосборов малых рек подвержен действию местных а зональных факторов, таких как площадь водосбора и оротография [Кузин, Бабкин, 1979]. Для анализа зональных закономерностей динамики стока рек применяется метод географической интерполяции исследуемых значений. Пределами использования метода являются площади водосборных бассейнов. В области гидрологии за основу берутся характеристики гидрологического режима средних рек, поскольку влиянием местных особенностей бассейна в данном случае можно пренебречь.

Для расчётов водохозяйственных балансов, применяемых при разработке СКИОВО и НДВ, используются сведения о гидрологических характеристиках водных объектов. Поскольку для малоизученных районов не учитываются природная цикличность и климатические изменения, которые принимаются во внимание в более изученных районах согласно Методическим указаниям [Об утверждении Методических указаний по разработке схем, 2007], здесь велика вероятность искажения информации. В связи с этим изучение влияния климатических изменений на водные ресурсы в малоизученных арктических районах становится важной практической задачей.

Цель исследования заключается в анализе многолетней изменчивости водного стока рек разной водности севера Западной Сибири. Объектами данного исследования являются реки Ямало-Ненецкого автономного округа, водосборы которых входят в Арктическую зону России согласно административно-территориальной [О сухопутных территориях, 2014] и водноресурсной [Иванов, Третьяков, 2015] границам. Научной новизной данного исследования представляется обобщение многолетних данных стока рек севера Западной Сибири на современном этапе.

Исследования по научному обобщению главной реки региона Оби проводились в различные годы с использованием гидрометеорологической информации для оценок боковой приточности в Обскую губу, влия-

ния переброски стока и современных оценок влияния изменений климата на сток Оби [Агафонов, 2010; Георгиади, Кашутина, 2016; Константинов и др., 1983; Иванов, 1980; Yang et. al, 2004]. В работе [Георгиади, Кашутина, 2016] представлен анализ изменчивости стока нижнего течения Оби, основанный на нормированных разностно-интегральных кривых, были выявлены фазы снижения стока (с 1930-1940-х годов) и повышения стока (с 1970-1980-х годов). Некоторые обобщения по стоку других рек севера Западной Сибири представлены в работах [Шевнина, 2011; Шестакова, 2015, 2016]. Однако малоизученными остаются реки полуостровов Ямал, Тазовского и Гыданского, на которых проводились отрывочные и лишь экспедиционные исследования.

Карта водосборов рек Арктической зоны Западной Сибири представлена на рис. 1. Выделены границы водохозяйственных участков, преимущественно совпадающие с границами водосборов рек, их номера соответствуют принятой кодировке.

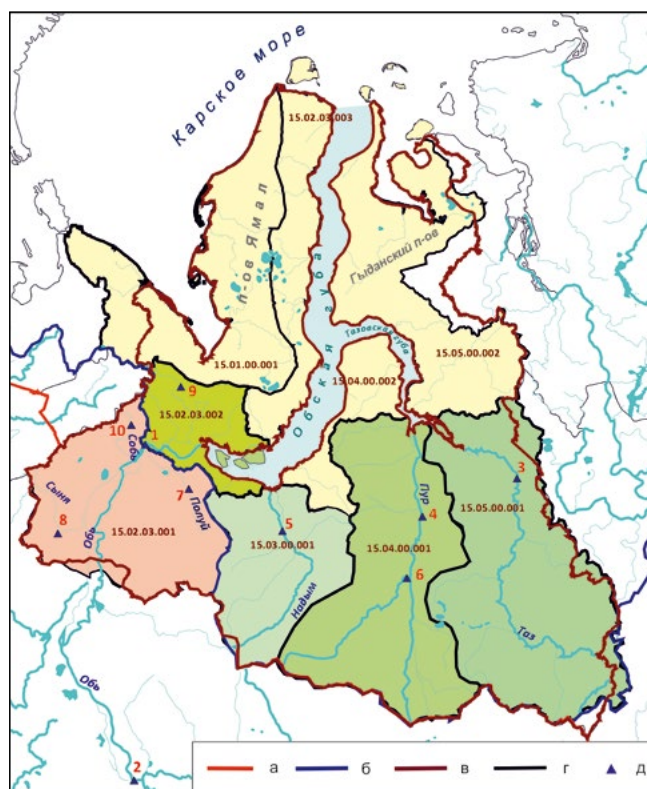


Рис. 1. Карта водосборов рек Арктической зоны Западной Сибири  
а – административно-территориальная граница АЗРФ; б – водно-ресурсная граница АЗРФ, в – граница ЯНАО, г – границы водохозяйственных участков, д – гидрологические посты. Нумерация гидрологических постов приведена в соответствии с таблицей 1

Река Обь, протекающая через разные природные зоны с различными климатическими условиями и площадью водосбора 2990 тыс. км<sup>2</sup>, имеющая сложный гидрологический режим, определена как полизональная река. Для исследования выбраны два гидрологических поста на Оби – в г. Салехарде и в с. Белогорье. Пункт

наблюдения р. Обь (г. Салехард) является замыкающим створом реки, после которого принято выделять Обско-Тазовскую устьевую область как самостоятельный водный объект. Гидрометрический створ р. Обь (с. Белогорье) учитывает сток Оби после её слияния с Иртышом, данные по нему используются для совместной оценки стока нижнего течения р. Оби.

К большим рекам относятся водотоки площадью водосбора более 50 тыс. км<sup>2</sup> [ГОСТ, 1973; Закономерности гидрологических процессов, 2012]. На севере Западной Сибири это реки Надым, Пур, Таз, включенные в водосбор Обско-Тазовской устьевой области. Средние реки, гидрологический режим которых в значительной степени зависит от зонального распределения, имеют площадь водосбора 2000–50000 км<sup>2</sup>. В районе исследования длительные режимные наблюдения за стоком

проводились на средних реках Полуй, Пяку-Пур и Сыня, на малых реках Сось и Щучья.

Исходными данными исследования послужили данные наблюдений на гидрологических постах государственной сети Росгидромета, опубликованные в изданиях Государственного водного кадастра [Государственный водный кадастр, 1984–2015; Ресурсы поверхностных вод, 1965, 1974, 1978]. Выбор пунктов наблюдений связан с наличием продолжительного периода наблюдений, включающий в себя современный климатический период с 1981 г., определенный согласно докладу [Второй оценочный доклад, 2014]. Для исследования создан массив данных годового и сезонного стока воды по 10 гидрологическим постам. В таблице 1 представлен список гидрологических постов, по которым проведено исследование.

Табл. 1

**Сведения о пунктах наблюдений за стоком рек севера Западной Сибири**

№ п/п	Код	Гидрологический пост	Площадь водосбора, замыкаемого постом / всей реки, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Физико-географическая зона
1	11801	р. Обь – г. Салехард	2950000 / 2990000	1935-2010	лесотундра
2	10031	р. Обь – с. Белогорье	2690000 / 2990000	1936-2010	лесная
3	11808	р. Таз – пос. Сидоровск	100000 / 150000	1962-1996	лесотундра
4	11571	р. Пур – пгт. Уренгой	80400 / 112000	1961-2010	лесотундра
5	11805	р. Надым – г. Надым	48000 / 64000	1955-1991	лесотундра
6	11574	р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	31400 / 31400	1955-2010	лесная
7	11558	р. Полуй – гмс. Полуй	15100 / 21000	1954-2010	лесотундра
8	11555	р. Сыня – пос. Овгорт	9880 / 13500	1964-2010	лесная
9	11563	р. Щучья – д. Лаборовая	1680 / 12300	1965-2010	тундра
10	11556	р. Сось – пгт. Харп	1240 / 5890	1952-2010	лесотундра

Настоящая работа основана на системном подходе, в котором речной сток рассматривается как система, состоящая из пространственных компонент (стока больших, средних и малых рек) и временных составляющих (внутригодовой и межгодовой изменчивостей). Кроме того, применяется идея географо-гидрологического подхода, разработанная В.Г. Глушковым [Глушков, 1961], по выявлению связей между характеристиками гидрологического режима и формирующими его факторами. Обработка исходных данных проведена с использованием статистиче-

ских методов, применяемых в гидрологии [Методические рекомендации, 2010; СП 33-101-2003, 2004].

Проведен анализ временных рядов годового стока для р. Оби (г. Салехард и с. Белогорье). Корреляционная связь данных стока этих постов составляет 0,93. В таблице 2 приведены основные статистические характеристики динамики стока Оби. Норма годового стока на замыкающем створе р. Оби составляет 402 км<sup>3</sup>, коэффициент вариации равен 0,15, что говорит о низкой межгодовой изменчивости стока.

Табл. 2

**Основные статистические характеристики временных рядов водного стока Оби**

Гидрологический пост	Среднее значение, км <sup>3</sup>	Минимальное значение, км <sup>3</sup>	Максимальное значение, км <sup>3</sup>	Коэффициент вариации
г. Салехард	402	278	577	0,15
с. Белогорье	323	229	443	0,15



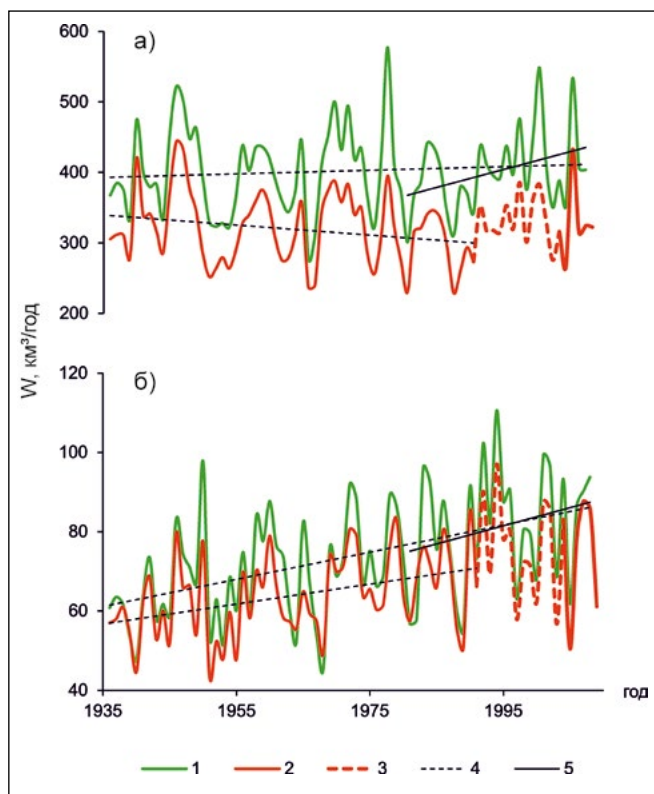


Рис. 2. Хронологические графики годового стока (а) и стока холодного периода (б) р. Оби в г. Салехарде (1) и с. Белогорье (2), 3 – восстановленный сток, 4 – линейный тренд за весь период наблюдений, 5 – линейный тренд за современный климатический период

На рис. 2 представлены хронологические графики годового стока р. Оби и стока за холодный период (с ноября по апрель). Установлено, что для стока холодного периода р. Оби в г. Салехарде и стока за гидрологический год в с. Белогорье определяется нарушение однородности ряда по среднему. За многолетний период (более 70 лет) значимость тренда годового стока р. Оби по обоим постам не подтверждена при 5 % уровне значимости, но значимым является тренд р. Оби (г. Салехард) за современный климатический период.

Для Оби выявлены тенденции увеличения стока за холодный период. Положительные тренды в динамике зимнего стока являются значимыми при 5 % уровне значимости. Вклад каждого месяца в тенденции изменений стока различный, что проиллюстрировано на гидрографе многолетних среднемесячных объемов (рис. 3). Наиболее существенная трансформация наблюдается в холодный период, проявляющаяся в увеличении стока за последние три десятилетия. Увеличение объемов в мае–июне и уменьшение их в последующие месяцы свидетельствуют о смещении пика половодья на более ранние сроки.

В целом для суммарного водного стока за гидрологический год для реки Оби характерно чередование многоводных и маловодных фаз. С 1950 по 1968 гг. наблюдалось преобладание отрицательных аномалий стока, которое сменилось на многоводную фазу до 1980 года. В дальнейшем маловодье продлилось до 1991 года.

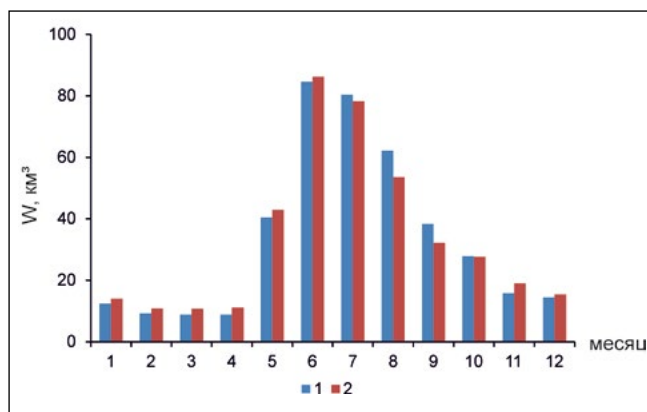


Рис. 3. Гидрограф многолетних среднемесячных объемов р. Оби (г. Салехард) за: 1 – весь период наблюдений; 2 – современный климатический период с 1981 г.

Проведенный анализ данных водного стока больших, средних и малых рек севера Западной Сибири показал отсутствие единой многолетней тенденции за длительный период. Графики многолетней изменчивости годового стока исследуемых рек представлены на рис. 4. В таблице 3 приведены значения коэффициентов линейных трендов и оценка статистической значимости трендов за весь период наблюдений и за современный климатический период годового и сезонного стока. Оценка стока исследуемых больших рек (Надым, Пур, Таз) затруднена различием периодов наблюдений и отсутствием данных с 1991 г. для р. Надым и с 1996 г. для р. Таз.

В целом можно отметить, что современный климатический период характеризуется многоводной фазой исследуемых рек, за исключением рек Надым и Таз, по которым ряды данных наблюдений недостаточно длинные. При увеличении стока исследуемых рек наблюдается увеличение амплитуды его колебаний. В свою очередь увеличение амплитуды экстремальных значений стока может приводить к усложнению прогнозирования изменчивости стока.

Многолетняя изменчивость стока исследуемых больших рек низкая за весь период наблюдений, тренды годового и сезонного стока являются статистически незначимыми. Синхронные колебания стока для больших рек не выделены.

Многолетние тенденции годового стока за весь период наблюдений более 50 лет для исследуемых средних рек (Полуй, Пяку-Пур и Сыня) являются разнонаправленными. Для Полуя и Сыни определен тренд уменьшения стока, а для реки Пяку-Пур – увеличения стока. Причем статистически значимым является только тренд годового стока р. Пяку-Пур за счет значимого увеличения стока за теплый период, который формирует основную часть годового стока, что закономерно для рек с весенним половодьем.

Водосборы рек Полуй и Пяку-Пур расположены в разных природных зонах, в лесотундровой и лесной соответственно. Упомянутая асинхронность многолетних колебаний годового стока рек лесной и лесотундровой зон подтверждается другими исследованиями

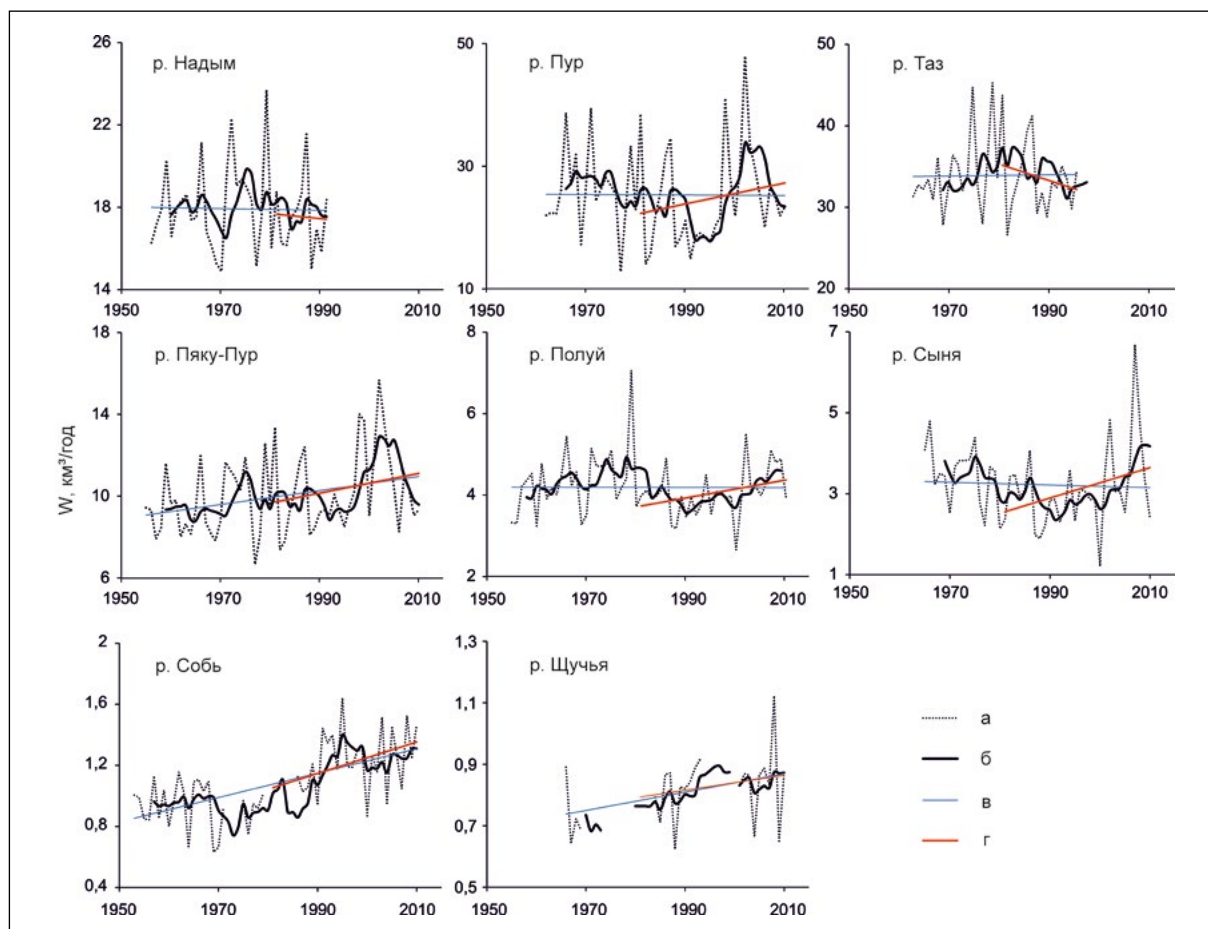


Рис. 4. Хронологические графики стока рек разной водности севера Западной Сибири  
 а – хронологическая кривая, б – скользящая средняя кривая по 5-летиям, в – тренд за весь период наблюдений,  
 г – тренд за период с 1981 г.

рек севера Средней Сибири [Румянцева, Шестакова, 2017].

Реки Полуй и Сinya характеризуются определенной синхронностью колебаний годового стока по сглаженным средним кривым. Причина этого явления заключается в территориальной близости и схожести значений

нормы стока. Для всего временного ряда р. Сини определен значимый тренд увеличения стока за холодный период гидрологического года. Изменчивость годового и сезонного стока средних рек за современный климатический период не подтверждена статистически значимыми трендами.

Табл. 3

**Результаты анализа значимости линейных трендов рядов объёма стока рек**

Гидрологический пост	Объем стока	Период	Коэффициент линейного тренда, км <sup>3</sup> /год·10 <sup>3</sup>	Значимость (на 5% уровне)
р. Надым – г. Надым	гидрол. год	1956-1991	-4,31	-
	холодный период	1956-1991	2,22	-
	теплый период	1955-1991	-8,78	-
р. Пур – пгт. Уренгой	гидрол. год	1962-2010	57,0	-
		1981-2010	155	-
	холодный период	1962-2010	31,0	-
		1981-2010	91,0	-
	теплый период	1962-2010	3,00	-
		1981-2010	126	-

р. Таз – пос. Сидоровск	гидрол. год	1963-1996	7,00	-
	холодный период	1963-1996	57,0	-
	тёплый период	1962-1996	-55,0	-
р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	гидрол. год	1955-2010	34,2	+
		1981-2010	48,1	-
	холодный период	1955-2010	12,5	-
		1981-2010	26,0	-
	тёплый период	1956-2010	21,2	+
		1981-2010	21,2	-
р. Полуй – гмс. Полуй	гидрол. год	1955-2010	-0,23	-
		1981-2010	22,0	-
	холодный период	1955-2010	2,52	-
		1981-2010	4,93	-
	тёплый период	1954-2010	-0,48	-
		1981-2010	15,9	-
р. Сыня – пос. Овгорт	гидрол. год	1965-2010	-3,34	-
		1981-2010	37,5	-
	холодный период	1964-2010	3,63	+
		1981-2010	3,89	-
	тёплый период	1965-2010	-4,70	-
		1981-2010	33,7	-

Для малой реки Сось, водосбор которой частично находится в горной местности, определен тренд увеличения годового стока за многолетний период более 50 лет и современный климатический период. По имеющемуся прерывистому ряду стока р. Щучья выделена также положительная тенденция.

В ходе исследования была оценена частота повторяемости многоводных лет по отношению к различным периодам. Для средних рек было рассчитано количество лет со стоком выше нормы для современного климатического периода с 1981 года, предшествующего периода и всего периода наблюдений. Результаты по средним рекам представлены на рис. 5.

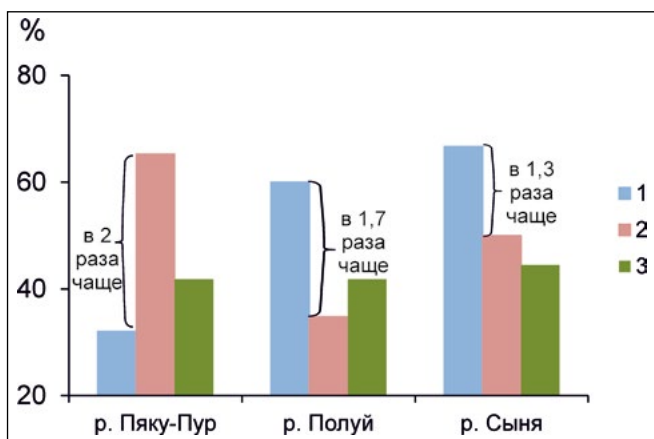


Рис. 5. Частота повторяемости многоводных лет: 1 – период до 1981 года; 2 – 1981-2010 гг.; 3 – весь период наблюдений

Согласно полученным результатам, установлено, что для рек характерны различия в повторяемости многоводных лет. Так, на реке Полуй с 1981 года только 35% лет имели сток выше нормы, тогда как на реке Пяку-Пур величина этого показателя составляет 65%, причём по отношению к предыдущему периоду, для рек характерны разнонаправленные тенденции в изменении повторяемости многоводных лет.

Для целей водохозяйственного использования рек разработаны и утверждены СКИОВО и НДВ. По водохозяйственным участкам Нижнеобского бассейнового округа НДВ были приняты в 2014 году сроком на 15 лет [СКИОВО и НДВ, 2017]. В состав НДВ входит количественный показатель водопотребления – допустимое безвозвратное изъятие водных ресурсов. Для больших рек Ямало-Ненецкого автономного округа (Пур, Таз, Надым) НДВ рассчитаны как группа показателей для всего водосбора рек по их устью. Например, НДВ по р. Пур составлены в целом без учета притоков в отдельности, поскольку бассейн р. Пур полностью входит в один водохозяйственный участок 15.04.00.001. Для многолетней динамики стока реки Пур и её притока Пяку-Пур характерны различные тенденции, нет полного совпадения фаз водности, поэтому последствия изъятия водных ресурсов для этих рек будут различны. Допустимое изъятие вод, определенное по единому участку бассейна р. Пур, не отражает особенностей гидрологического режима притока р. Пяку-Пур. В связи с этим встает вопрос о необходимости детализации крупных водохозяйственных участков и выделении участков по прито-

кам, для которых НДС предлагается разрабатывать на более короткий срок.

При разработке СКИОВО используются водохозяйственные балансы, в основе которых лежат данные о фактических водных ресурсах, водопотреблении и других показателях. При отсутствии наблюдений на реках ряды приводятся к многолетнему периоду на основе рядов-аналогов, однако стоит заметить, что СКИОВО разрабатывается для водохозяйственных участков по крупным рекам, например, Надым, Пур и Таз. Эти реки могли бы выступать аналогами друг для друга, но, как уже было отмечено выше, в отдельные периоды для них наблюдается несовпадение фаз водности. Следовательно, возрастает необходимость проведения режимных наблюдений на этих реках по программе гидрологического поста 1 разряда с обязательным измерением расходов воды в разные фазы гидрологического режима.

Таким образом, в результате проведенного исследования сформулирован ключевой вывод. Динамика стока рек разной водности Западной Сибири характеризуется разнонаправленными многолетними колебаниями.

Тренды годового стока нижнего течения Оби за весь период наблюдений являются незначимыми, но за современный климатический период по замыкающему створу отмечена значимая тенденция увеличения стока. Динамика стока холодного периода Оби имеет тенденцию увеличения стока за многолетний период, которая является статистически значимой.

Для больших рек (Пур, Таз, Надым) определено преимущественное несовпадение фаз водности. Динамика стока средних рек Полуй и Сыни описывается незначимыми трендами уменьшения стока. Для р. Пяку-Пур

определено статистически значимое увеличение годового стока за многолетний период. Асинхронность колебаний стока Полуй и Пяку-Пур объясняется различной принадлежностью их водосборов к физико-географическим зонам. Изменчивость стока малых рек (Собь и Щучья) в целом имеет схожие положительные тенденции, начиная с 1970-х годов. Для них характерны широкие пределы изменчивости, связанные с влиянием азональных факторов.

Кроме того, для всех рек в многоводную фазу увеличивается амплитуда колебаний стока. Другими словами, многоводная фаза, которая не несёт угрозы объемам водопотребления в регионе, скрывает за собой риск увеличения аномальности процесса. Перспективным направлением является изучение повторяемости значений экстремального стока для различных климатических периодов.

При активном промышленном освоении территории ЯНАО водохозяйственное районирование Нижнеобского бассейнового округа предложено уточнить с целью выделения отдельных водохозяйственных участков внутри водосборов больших рек. В исследовании подчеркнута необходимость проведения работ по восстановлению гидрологической сети с целью дальнейшей оценки изменчивости водных ресурсов.

В современных условиях изменения климатической системы необходимо уделять внимание не общепланетарной тенденции, а региональным особенностям изменения климата. В Арктическом регионе актуально проводить количественные оценки последствий изменений климата на водные ресурсы в зависимости от района, водности рек и принадлежности водосборов к природным зонам.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов Л.И. Сток нижней Оби и его изменения в XX столетии // Известия РАН. Серия географическая. – 2010. – № 4. – С. 68–76.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М., 2014. – 60 с.
- Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Долговременные изменения стока крупнейших сибирских рек // Известия РАН. Серия географическая. – 2016. – № 5. – С. 70–81.
- Глушков В.Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 416 с.
- ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> (дата обращения: 30.09.2017).
- Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Том 1. Выпуск 10. Бассейн Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза. 1981–2010 годы. – Новосибирск, Омск: 1984–2015.
- Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности // Доклады АН СССР. – 1956. – Т. 110, № 1. – С. 129–132.
- Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.И. Алексеевского. – М.: ГЕОС, 2012. – 736 с.
- Иванов В.В. Гидрологический режим низовьев и устьев рек Западной Сибири и проблема оценки его изменений под влиянием территориального перераспределения водных ресурсов // Проблемы Арктики и Антарктики. – 1980. – № 55. – С. 20–43.
- Иванов В.В., Третьяков М.В. Проблемы восстановления и развития системы гидрометеорологических наблюдений в устьевых областях рек Арктической зоны как основы государственного мониторинга этих поверхностных водных объектов // Общество. Среда. Развитие. – 2015. – № 4. – С. 151–160.
- Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 2 (6). – С. 66–79.
- Константинов А.Р., Соколова В.А., Досычева Л.А., Прошутинская Т.О. Оценка водной и тепловой боковой точности устьевой области р. Оби // Тр. Аркт. и антаркт. науч.-исслед. ин-та. – Л., 1983. – Т. 378. – С. 71–88.
- Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 455 с.
- Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 200 с.
- Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб., 2010. – 162 с.
- О гидрографическом и водохозяйственном районировании территории Российской Федерации и утверждении границ бассейновых округов. Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2006 г. № 728 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=21140> (дата обращения: 05.09.2017).
- О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации. Указ Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 (в редакции Указа Президента РФ 27.06.2017 г. 287) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377> (дата обращения 05.09.2017).
- Об утверждении Методики водохозяйственного районирования территории Российской Федерации. Приказ МПР РФ от 25 апреля 2007 г. № 111 [Электронный ресурс]. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102115987&intelsearch=111> (дата обращения: 30.09.2017).
- Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Приказ МПР РФ от 12 декабря 2007 г. № 328 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2063965/> (дата обращения: 30.09.2017).
- Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Приказ МПР РФ от 4 июля 2007 г. № 169 [Электронный ресурс]. – <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12055160/> (дата обращения: 30.09.2017).
- Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. Т. 15, вып. 3. (Нижний Иртыш и Нижняя Обь). – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 164 с.
- Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. Т. 15, вып.3. (Нижний Иртыш и Нижняя Обь). – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 250 с.
- Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. Т. 15, вып. 3. (Нижний Иртыш и Нижняя Обь). – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 247 с.
- Румянцева Е.В., Шестакова Е.Н. Многолетняя динамика водного стока рек севера Средней Сибири в условиях изменения климата // Международная молодежная научная конференция «Папанинские чтения»: статьи участников международной молодежной научной конференции Сев. (Арктич.) федер. ун-та. – Архангельск: Изд-во САФУ, 2017. – С. 364–373.
- Семенов В.А. Долгопериодные климатические колебания в Арктике и их связь с глобальными изменениями климата: автореф. дис. д-ра. физ.-мат. наук. – М., 2010. – 42 с.
- СКИОВО и НДВ. Нижне-Обское бассейновое водное управление [Электронный ресурс]. – URL: <http://nobwu.ru/index.php/ndvskiovo> (дата обращения: 30.09.2017).
- Смирнова О.С., Липина С.А., Кудряшова Е.В., Крейденко Т.Ф., Богданова Ю.Н. Формирование опорных зон в Арктике: методология и практика // Арктика и Север. – 2016. – № 25. – С. 148–157.
- СП 33-101-2003. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Издание официальное, Госстрой России. – М., 2004. – 73 с.
- Шевнина Е.В. Анализ стационарности многолетних рядов слоя стока весеннего половодья на водосборах

Российской Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2011. – № 1 (87). – С. 56–64.

Шестакова Е.Н. Многолетняя изменчивость водных ресурсов Обско-Тазовской устьевой области в условиях изменения климата // Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: сб. научных трудов / Отв. ред. д.э.н., проф. В.И. Павленко. – Архангельск, 2016. – С. 492–497.

Шестакова Е.Н. Тенденции изменчивости стока низовьев Оби и рек Обско-Тазовской устьевой области в условиях изменения климата // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2015. – № 3 (88). – С. 108–115.

IPCC. Climate Change: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Электронный ресурс]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535 pp. – URL: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата обращения: 30.09.2017).

Yang D., Ye B., Shiklomanov A. Discharge characteristics and changes over the Ob river watershed in Siberia // Journal of Hydrometeorology. – 2004. – Vol. 5, Issue 4. – P. 595–610.

*E.V. Rumyantseva, E.N. Shestakova, O.V. Muzhdaba*

## DYNAMICS OF WATER RESOURCES OF THE RIVERS OF THE ARCTIC ZONE OF WESTERN SIBERIA

---

*The article is devoted to the analysis of long-term variability of the runoff of the rivers of the Arctic zone of Western Siberia. The initial materials for the study were data from the state network of Roshydromet, collected over a long period of time at 10 hydrological posts. The system and geo-hydrological approaches were applied in the study; methods of static processing of hydrological information were used. The analysis of the runoff dynamics was carried out for the entire observation period and for the current climatic period. Linear trends of annual and seasonal runoff were constructed, and their statistical importance was determined. It was established that all rivers are characterized by the increase in runoff of the cold period. For major rivers of the Gulf of Ob and the Taz Estuary basins, the prevailing water-phase mismatch was determined. Asynchronous fluctuations for average rivers, caused by the location of their basins in different natural zones, were defined. Small rivers are characterized by similarity of the main tendencies; however, wide variability limits indicate the influence of azonal factors. It is established that the amplitude of river runoff oscillations increases in the high-water phase. It was suggested to clarify the water management zoning by detailing the water management areas of large rivers. For water management planning, it is important to conduct observations on the hydrological network in order to assess the variability of water resources.*

**Keywords:** river runoff, water resources, Western Siberia, Yamal-Nenets Autonomous District, the Arctic, the Ob River, water-management zoning, climate change.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЛАНДШАФТОВ НА СКЛОНАХ В АРКТИЧЕСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*Рассмотрена проблема закрепления и восстановления нарушенных земель на склонах как одного из факторов обеспечения успешного и экологически безопасного освоения углеводородных месторождений Арктики. Освещены основные недостатки существующих методов восстановления ландшафтов на склонах. Приведены результаты экспериментальных исследований биоматов, применяемых в настоящее время и содержащих синтетическое волокно, неразлагаемое в условиях Крайнего Севера. В качестве альтернативы было предложено полностью разлагаемое покрытие на льняной основе. Приведено описание заложенных с ним экспериментов на территории Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения полуострова Ямал, представлен анализ качества восстановления.*

**Ключевые слова:** арктические климатические условия, технологии рекультивации, эрозионные процессы, ландшафты, деградация, уклоны.

Опыт строительства и эксплуатации объектов нефтяной и газовой промышленности в районах Крайнего Севера свидетельствует, что одним из главных условий сохранения природной среды является предотвращение деградации почвенно-растительного покрова, являющегося основным структурообразующим элементом природных ландшафтов. При этом почвенно-растительный покров – наиболее уязвимый элемент природных комплексов территории Крайнего Севера [2].

Осваиваемые территории криолитозоны характеризуются пониженной биопродуктивностью и слабой устойчивостью к воздействию склоновых термоденудационных процессов. Наибольшую опасность представляет водная термоэрозия, развивающаяся на склонах. Следует отметить, что в естественном состоянии эрозионные и термоэрозионные процессы характеризуются весьма малой скоростью протекания и, несмотря на почти полное отсутствие впитывания воды в мерзлый грунт, поверхностный сток не образуется из-за высокой водопоглощающей и горизонтальной фильтрационной способности, а также значительной противоэрозионной стойкости верхних органогенных горизонтов [1, 4]. Значительная противоэрозионная стойкость верхнего органогенного горизонта тундровых почв обусловлена

связующим (скрепляющим) действием корней растений и растительных остатков.

Ситуация изменяется коренным образом при нарушении целостности растительного покрова, вследствие чего ускоренной плоскостной и линейной эрозии способствуют следующие факторы [5]:

- низкая водопроницаемость мерзлых грунтов, поддерживающая появляющуюся эрозионную сеть;
- значительная льдистость пород, которая, при деградации мерзлоты, является дополнительным источником поверхностного стока;
- высокая обводненность тундры, поддерживающая появляющуюся эрозионную сеть;
- малая противоэрозионная прочность талых грунтов.

Начиная со стадии проектно-изыскательских работ и далее при строительстве и эксплуатации промышленных объектов, происходят неизбежные воздействия на почвенно-растительный покров, приводящие к его нарушению и деградации. При этом, в отличие от условий более южных регионов, в районах Крайнего Севера процессы естественного восстановления нарушенных участков происходят чрезвычайно медленно – до 10-30 и более лет. Поэтому для обеспечения успешного и экологически безопасного освоения углеводородных

месторождений Крайнего Севера необходимо решить целый ряд геоэкологических задач. Среди них особое место занимает восстановление нарушенных ландшафтов и растительного покрова, являющегося как основой традиционного природопользования (кормовая база оленеводства), так и фактором инженерной защиты территорий и расположенных на них инженерных объектов от опасного проявления водно-эрозионных и других экзогенных процессов (рис. 1).



*Рис. 1. Нарушение ландшафтов при строительстве площадки под инженерные объекты газодобывающего комплекса и сопутствующее развитие водно-эрозионных процессов*

К настоящему времени для восстановления нарушенных ландшафтов Крайнего Севера существуют различные методы рекультивации и защиты. Основные принципы и приемы рекультивации на Крайнем Севере разрабатывались многими учеными, и в настоящее время существует большой спектр приемов и способов, направленных на решение данной проблемы [3].

Однако многие используемые методы не в полной мере обеспечивают восстановление нарушенных земель и обладают следующими недостатками:

- низкие темпы восстановления, мало отличающиеся от естественных, при высоких затратах на рекультивацию;
- вторичные нарушения земель, связанные с механическим воздействием при технической рекультивации, нарушение естественных линий стока с поверхности и активизация негативных экзогенных процессов;
- внедрение малоценных и/или чуждых для местных ландшафтов видов растительности;
- изменение агрохимических свойств почв (закисление или подщелачивание и т.п.) вследствие ошибочного подбора приемов рекультивации (известкование, внесение торфа и т.п.).

В связи с этим актуальными являются усовершенствование существующих и разработка новых технологий рекультивации нарушенных земель, среди которых особое место занимают методы восстановления склоновых участков.

Одним из перспективных методов является применение специальных геотекстильных покрытий

(биоматов), представляющих собой композиционные многослойные полотна, состоящие из биоразлагаемой либо частично биоразлагаемой основы из натуральных волокон (джут, лен и др.). Для обеспечения большей прочности материала или длительного армирующего эффекта в состав естественных волокон дополнительно вводятся синтетические волокна в количестве до 20-30% по массе или синтетический слой (полимеры или биополимеры). Между слоями полотна, в зависимости от почвенно-грунтовых и климатических условий района, внедряется смесь семян многолетних трав и других растений, удобрения, стимуляторы роста, влагоудерживающие сорбенты и т. д. Применение биоматов позволяет осуществлять защиту и укрепление грунтовых поверхностей от эрозионных процессов (закрепление поверхности откосов площадок и автодорожных насыпей, защита поверхности валиков обратной засыпки трубопроводов подземной прокладки и пр.) [6], восстанавливать почвенно-растительный слой в течение первого летнего сезона без укладки плодородного слоя почв и подсева трав в течение последующих лет, упрощает проведение рекультивации, снижая стоимость эксплуатационных расходов. Тем не менее следует принимать во внимание тот факт, что первичные результаты прорастания семян при использовании биоматов могут уступать по сравнению с такими традиционными методами рекультивации, как залужение (растениям требуются определенные усилия для прорастания сквозь полотно). В настоящее время для различных климатических зон существует широкий спектр биоматов разнообразного назначения: закрепление поверхности и препятствование эрозии, восстановление растительного покрова в местах химического загрязнения почв, рекультивация почв в сложных климатических условиях на затопляемых, заболоченных либо песчаных почвах [7, 8].

Для оценки применимости при рекультивации в условиях Крайнего Севера выпускаемых в настоящее время биоматов, начиная с 2010 г., головным научным технологическим центром ПАО «Газпром» – ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с НАО «Научно-производственный центр «СибГео» проводились исследования на территории Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) (рис. 2). В ходе исследований были заложены экспериментальные участки с использованием биоматов марки БТ-СО/130 (2,0), содержащего синтетические волокна, на откосах карьера минерального грунта № 3 (крутизна склона более 12°) и карьере минерального грунта № 4 (пологоволнистый рельеф). Кроме того, на карьере № 4 были заложены опытные участки с торфоматами. По результатам мониторинга первых двух лет интегральная оценка качества восстановительных работ на 4-м карьере (рассчитана на основе следующих показателей: проективное покрытие, равномерность распределения всходов, измерения средней высоты всходов, оценка жизнеспособности растений, урожайности) характеризовалась на 4 балла из пяти возможных. На откосах 3-го карьера основная масса растений была приурочена к нижней части участка. На



конец второго года видовой состав рекультивированной биоматами территории соответствовал использованному при рекультивации адаптированным видам трав.



Рис. 2. Закладка экспериментальных участков рекультивации на карьере минерального грунта № 4 Бованенковского НГКМ с использованием биоматов марки БТ-СО/130 (2,0) в 2010 г.

Анализ мониторинговых исследований 2013-2016 гг. на экспериментальных участках дал следующие результаты.

На откосах карьера №3 отмечено отсутствие существенных изменений (увеличение) в проективном покрытии по сравнению с 2011-2012 гг. Кроме того, наблюдения в 2016 г. (по прошествии шести лет) не зафиксировали сколько-нибудь существенных признаков разложения биоматов (рис. 3). Незначительные повреждения (разрывы) полотна связаны с его деформацией при проседании грунта.



Рис. 3. Результаты рекультивации откосов карьера минерального грунта № 3, 2016 г.

На карьере № 4 были отмечены следующие изменения. В 2013 г. опытные участки были покрыты прошлогодней отмершей травой при практически полном отсутствии жизнеспособных растений. Обследования 2014 г. зафиксировали относительно оголенный участок (без растительности), что существенно контрастировало с близлежащими участками, рекультивированными методом залужения (посев семян). Следов разложения биоматов ни на одном из участков на ко-

нец летнего полевого сезона 2014 г. не наблюдалось (рис. 4 а,б). Дальнейшие наблюдения, проведенные в 2015 и 2016 гг., показали, что вследствие ветрового переноса частиц почвы и намыва грунта на поверхности биоматов и торфоматов происходит образование почвенного слоя толщиной от нескольких миллиметров до 10 см. Толщина образованного слоя существенно зависела от рельефа местности (перепада высот). При малой толщине нанесенного грунта на поверхности биоматов растительность практически отсутствовала или была представлена мхами. Признаков разложения биоматов обнаружено не было.



а



б

Рис. 4. Мониторинговые исследования 2014 года участка с минимальным слоем нанесенного грунта, рекультивированного биоматами БТ-СО/130 (2,0)

В случае образования существенного слоя нанесенного грунта (от 5 до 10 см) формируется 100 %-ное проективное покрытие с жизнеспособными растениями (рис. 5). При этом в видовом составе присутствовали как использованные при рекультивации адаптированные растения, так и аборигенные виды, произрастающие на близлежащих к участкам рекультивации территориях. При отборе образца пробы почвы под поверхностью нанесенного слоя грунта была зафиксирована ненарушенная синтетическая основа биомата. Аналогичная ситуация прослеживается и для торфоматов (рис. 6 а,б).



Рис. 5. Участок, рекультивированный биоматами БТ-СО/130 (2,0), со слоем нанесенной почвы до 10 см, 2016 г.



а



б

Рис. 6. Участок, рекультивированный торфоматами на участке со слоем нанесенной почвы до 10 см, 2016 г.

Основная задача биомата – защита склоновых участков территории от развития опасных экзогенных процессов и образование равномерного травостоя с обильной корневой системой, связывающей грунт и образующей дернину в течение 2-3 лет. В дальнейшем образованная дернина будет надежно защищать рекультивируемый участок от развития водно-эрозионных процессов. Кроме того, биоматы могут использоваться при рекультивации территорий с полностью удаленным

плодородным слоем. Сам биомат к моменту образования травостоя с обильной корневой системой должен разложиться.

Следует отметить, что для материалов, используемых при производстве биоматов, процесс разложения может существенно отличаться в зависимости от природно-климатических условий [9]. Зачастую биоматы содержат кокосовые, синтетические и джутовые волокна, имеющие длительный период разложения на Крайнем Севере. При этом синтетическая подложка существенно препятствует развитию корневой системы растений, а также проникновению семян последующих поколений растений в грунт, что было отмечено результатами исследований 2014 года. Учитывая вышесказанное, был сделан вывод о необходимости более осторожного подхода к выбору биоматов для рекультивации в условиях Крайнего Севера, в том числе к наличию в их составе неразлагаемых веществ и к толщине биомата.

В этой связи возникла задача разработки полностью биоразлагаемого материала, способного в условиях криолитозоны в течение 2-3 лет восстановить нарушенный растительный покров и разложиться за это время более чем на 90%.

Был рассмотрен вариант покрытия, состоящего из полностью разлагаемых компонентов на льняной основе «БиоСТЭК», разработанного АО «Газпром СтройТЭК Салават». На начальной стадии исследований были поставлены эксперименты в лабораторных условиях, имитирующих условия полуострова Ямал (температура, освещение). Анализ полученных результатов показал зависимость времени появления первых всходов от величины поверхностной плотности полотна «БиоСТЭК»: чем она больше, тем позднее появление всходов. Это связано с ограничением роста и развития корней по сравнению с менее плотными образцами.

В рамках полевых испытаний данного покрытия в условиях Крайнего Севера ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в 2014-2015 гг. было заложено несколько серий экспериментов на территории Бованенковского НГКМ полуострова Ямал. Испытания проводились для двух вариантов исполнения покрытия БиоСТЭК-Грин 45 и БиоСТЭК-Грин 10 с поверхностной плотностью 450 г/м<sup>2</sup> и 200 г/м<sup>2</sup> соответственно. Применение материалов различной плотности зависит от уклона поверхности. Покрытие представляет собой полотно, состоящее из двух слоев нетканого биоразлагаемого материала, сшитого на иглопробивной машине. В БиоСТЭК-Грин 45 в качестве армирующего слоя (в отличие от синтетического материала, используемого в биоматах БТ-СО/130 (2,0) и ряде других марок) между слоями используется льняная сетка с периодом разложения до пяти лет, что создает пролонгированный скрепляющий эффект. Между слоями биомата была вшита травосмесь, предложенная специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ», адаптированная к условиям Крайнего Севера, испытанная в период с 2009 - 2014 гг. на Бованенковском НГКМ и показавшая наибольшую эффективность. В состав травосмеси входили: мятлик луговой – 8 %,

кострец безостый – 23 %, овсяница луговая – 23 %, овсяница красная – 23 %, тимофеевка луговая – 23 %. Норма внесения семян составляла 100 г/м<sup>2</sup>. Применение этой травосмеси позволяет уже к концу первого вегетационного периода получить густой травяной покров и значительно улучшить скрепляющую способность грунтов. Одновременно, учитывая специфику климата и физико-географических условий полуострова Ямал, заключающуюся, прежде всего, в бедности местных почв питательными элементами, необходимыми для прорастания семян и их дальнейшего развития, специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» проводился подбор удобрений для вшивания в биомат, содержащих весь спектр необходимых веществ для нормального роста и развития растений (рис. 7).

Для территории Бованенковского НГКМ, на которой проводились полевые испытания покрытий, характерны достаточно низкие температуры летнего периода и сильные ветра, выдувающие влагу с поверхности, тем самым быстро подсушивая ее. В ходе исследований предусматривались отработка вариантов укладки покрытия «БиоСТЭК» с поверхностной отсыпкой грунтом для удержания влаги и без поверхностной отсыпки (для оптимизации затрат), а также проверка биоразлагаемости основы покрытия «БиоСТЭК», всхожести и устойчивости травяного покрова.



Рис. 7. Закладка экспериментальных участков рекультивации с использованием покрытия «БиоСТЭК», июль 2015 г.

Сравнение экспериментальных участков проводилось по следующим показателям: проективное покрытие, равномерность всходов по площади, жизненной силе, высоте всходов, развитость корневой системы.

На конец летнего периода 2015 года наилучшие результаты были получены в экспериментах с засыпкой землей (рис. 8). Присыпка предотвращает излишнее испарение влаги с поверхности, создает благоприятную среду для протекания процессов разложения. Также, сопоставляя варианты исполнения биомата с различной поверхностной плотностью, были отмечены лучшие результаты для покрытия с меньшей поверхностной плотностью (БиоСТЭК-Грин10). Однако в данном случае отсутствует армирующая сетка, что снижает противозерозионные свойства биомата, а следовательно, не позволяет применить его на поверхностях с уклоном более 10 градусов.



Рис. 8. Результаты экспериментальных участков на конец летнего сезона 2015 г.

В 2016 году по сравнению с 2015 г. можно отметить увеличение проективного покрытия на всех экспериментальных делянках. Однако в результате мониторинга внесло корректировки аномально жаркое и сухое лето, нехарактерное для данной территории. Температура длительное время держалась выше 30 °С при практически полном отсутствии осадков. В этой связи по показателю жизненное состояние растений зафиксировано ухудшение – растения характеризовались как ослабленные с потерей зеленой окраски.

Делянки с присыпкой землей характеризовались такими признаками активного разложения, как потеря прочности и целостности полотна, рыхлость. Местами материал разложился полностью. На делянках без присыпки землей степень разложения была существенно ниже (рис. 9).



Рис. 9. Признаки разложения покрытия БиоСТЭК-Грин 45 на участке рекультивации 2015 г. без засыпки землей (по состоянию на 2016 г.)

Анализ полученных результатов позволил выявить наиболее эффективные удобрения, к которым относятся: Газон-Сити, Фертика Газонное и Нитроаммофоска.

Рекультивация с применением покрытия «БиоСТЭК» с поверхностной отсыпкой грунтом была реализована в опытно-промышленном масштабе на участке, расположенном в непосредственной близости от промышленной автодороги, ведущей на кусты газовых скважин № 43-44 Бованенковского НГКМ. Здесь в результате аномально высоких температур в 2013 г. зафиксирован обвал грунта

с образованием котловины. В 2014 г. ее граница находилась приблизительно в 3 м от автодороги (рис. 10).

Для сохранения автодороги в рабочем состоянии совместными усилиями специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и ООО «Газпром добыча Надым» в период 2015-2016 гг. были реализованы специальные мероприятия, включающие мероприятия по инженерной защите (формирование искусственного откоса, изоляция высокольдистых многолетнемерзлых грунтов от теплового воздействия атмосферного воздуха и солнечной радиации и т.д.) и проведение комплекса работ по биологической рекультивации с использованием покрытия «БиоСТЭК». На рисунке 11 представлен участок после проведения технической рекультивации в сентябре 2015 г.

Предварительно на участок дополнительно был доставлен грунт и проведено его выравнивание. В 2015 году с целью стабилизации опасных проявлений водно-эрозионных процессов на водоразделе специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» проведено восстановление растительного покрова на территории слева и справа от засыпанной котловины методом залужения адаптированными к местным условиям травосмесями.



Рис. 10. Активно развивающиеся процессы криопланации вблизи от автодороги, ведущей на кусты газовых скважин № 43-44, август 2014 г.



Рисунок 11. Участок после проведения технической рекультивации, сентябрь 2015 г.

Основная часть котловины была рекультивирована и закреплена в августе 2016 г. с использованием биоматов. Укладка осуществлялась вдоль линии уклона

с креплением к поверхности специальными П-образными скобами и отсыпкой грунтом (рис. 12). Результаты по состоянию на сентябрь 2016 г. представлены на рис 13. В 2017 г. был зафиксирован устойчивый травяной покров высотой 20-25 см. В целом полученные результаты свидетельствуют об успешном восстановлении этого участка, о хорошем потенциале биоматов на льняной основе для использования в условиях Крайнего Севера. Тем не менее следует отметить, что существует ряд проблем, требующих решений и дальнейших исследований.



Рис. 12. Укладка покрытия «БиоСТЭК» силами ООО «Газпром добыча Надым», август 2016 г.



Рис. 13. Рекультивированный участок. Общий вид, сентябрь 2016 г.



Рис. 14. Рекультивированный участок в августе 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

---

Водная эрозия и освоение газовых месторождений полуострова Ямал. Монография / А.В. Баранов // Обзорная информация. – Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 51 с.

Геоэкологические аспекты добычи и транспорта газа на полуострове Ямал / Н.Б. Пыстина, А.В. Баранов, Е.Л. Листов, О.Б. Наполов, К.Л. Унанян // Монография. – Москва: ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2014. – 190 С.

Деградация и охрана почвенно-растительного покрова при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера / А.Г. Ишков, А.В. Баранов, В.Я. Григорьев, К.Л. Унанян // Монография. – Москва: ООО «Газпром экспо», 2009. – 283 с.

Оценка опасности развития ручейковой эрозии при освоении газовых месторождений Крайнего Севера / А.В. Баранов, В.Я. Григорьев, К.Л. Унанян // Обзорная информация. – Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 114 с.

Оценка устойчивости, деградации и восстановления почвенно-растительного покрова тундр при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера / А.В. Баранов, К.Л. Унанян, В.Я. Григорьев, А.П. Полякова // Обзорная информация. – Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 111 с.

Скапинцев А.Е., Потапов А.Д., Лаврусевич А.А. Инженерная защита трубопроводов от эрозионных процессов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 7. – С. 140—151.

Cherkova N.M. Ecological basics for the reclamation of lands. – М.: Nauka, 1985. 183 s.

Аистова И.П., Гаглоева А.Е. Перспективы использования биоматов при проведении рекультивации нарушенных земель в районах Крайнего Севера «Системы. Методы. Технологии». – 2013. – № 4(20). – С. 188-191.

Лобкина В.А. Использование биоматов в закреплении склонов в условиях о. Сахалин – «ГеоРиск», № 4. – 2014 г. – С. 30-33.

*N.B. Pystina, K.L. Unanyan, E.E. Ilyakova, N.S. Hohlachev, V.A. Luzhkov*

## PERFECTION OF TECHNOLOGIES FOR RECUITIVATION OF LANDSCAPES ON THE SLOPES IN ARCTIC CLIMATIC CONDITIONS

---

*The problem of fixation and restoration of disturbed lands on the slopes as one of the factors ensuring successful and environmentally safe development of hydrocarbon deposits in the Arctic is considered. The main shortcomings of the existing methods of restoration of landscapes on slopes are highlighted. The results of experimental studies of geotextiles used at present and containing a synthetic fiber that is not degradable under the conditions of the Far North are presented. Alternatively, a completely decomposable linen based coating was proposed. Experiments conducted with the coating in the territory of the Bovanenkovskoye oil and gas condensate field of the Yamal peninsula are described, and the analysis of the quality of recovery is presented.*

**Keywords:** *arctic climatic conditions, technologies, erosion processes, landscapes, degradation, slopes.*

## ОЦЕНКА ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭКОСИСТЕМЫ ОСТРОВА ЗАЯЧИЙ НА РЕКЕ СОБЬ

---

*Остров Заячий рассматривают как перспективную территорию для развития туристско-рекреационной деятельности в Ямало-Ненецком автономном округе. Для обоснования рационального использования рекреационного потенциала острова проведена научно-исследовательская работа, целью которой является определение допустимых рекреационных нагрузок и оценка рекреационного потенциала территории объекта исследования. Полученные в ходе исследования результаты позволили разработать рекомендации по поддержанию экологического баланса, минимизации влияния рекреационной деятельности на природные комплексы острова Заячий.*

**Ключевые слова:** Полярный Урал, рекреационный потенциал, рекреационная нагрузка, рекреационные ресурсы, функциональное зонирование, природные территориальные комплексы, экосистемы.

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность МОЭО «Зеленая Арктика» за оказанную организационную поддержку при проведении полевых исследований.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно пропагандируется идея развития туристической отрасли в Арктической зоне Российской Федерации. Считается, что существующие здесь природные и этнографические объекты, культура и быт коренных народов Севера интересны не только для российских, но и зарубежных туристов. В связи с чем разрабатывается и реализуется достаточно большое количество туристских проектов. Их анализ показывает, что в основном они учитывают экономическую составляющую, однако не принимается во внимание тот факт, что туризм и рекреация имеют ярко выраженную ориентацию на использование природных объектов, а интенсивная и нерациональная эксплуатация туристско-рекреационного потенциала территории может спровоцировать необратимые экологические изменения окружающей среды и повлечь за собой еще большие финансовые потери [1].

Стоит отметить, что в арктических широтах негативные изменения природы неизбежны даже при низком уровне воздействия на экосистемы. Во избежание подобных рисков на стадии планирования и реализации проектов в сфере туризма необходимо не только изу-

чить природные туристско-рекреационные ресурсы с точки зрения их дальнейшего экономического использования, но и проводить исследования, направленные на определение рекреационных нагрузок в целях выявления потенциала экосистем и емкости ландшафтов.

К сожалению, в Ямало-Ненецком автономном округе при реализации туристских проектов оценка устойчивости природных комплексов к рекреационным нагрузкам не проводится, что, по мнению большинства исследователей, является недопустимым [2, 3, 4]. В ЯНАО осуществляется исключительно кадастровая оценка туристских ресурсов региона, то есть количественная и качественная опись объектов, их стоимость. Реализация этих проектов без учета потенциала экосистем наносит значительный ущерб природе тех мест, где они внедряются и оставляют нарушенные и загрязненные ландшафты.

В связи с этим в настоящее время актуальны исследования, направленные на определение допустимых рекреационных нагрузок и оценку рекреационного потенциала природных объектов, планируемых к использованию в качестве туристско-рекреационных.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования послужил остров Заячий на реке Сось вблизи массива Рай-Из Полярного Урала. В территориально-административном плане остров находится в Приуральском районе Ямало-Ненецкого автономного округа в 8 км на северо-запад от п.г.т. Харп.

Причиной выбора в качестве объекта исследования острова Заячий стало то, что здесь планируется создание многофункционального туристического лагеря, с которого будут начинаться туристические маршруты с посещением уникальных природных объектов и достопримечательных мест Полярного Урала, а также проводиться различные культурно-массовые мероприятия. Кроме того, удачное географическое положение острова сделало его одним из объектов стихийного туризма.

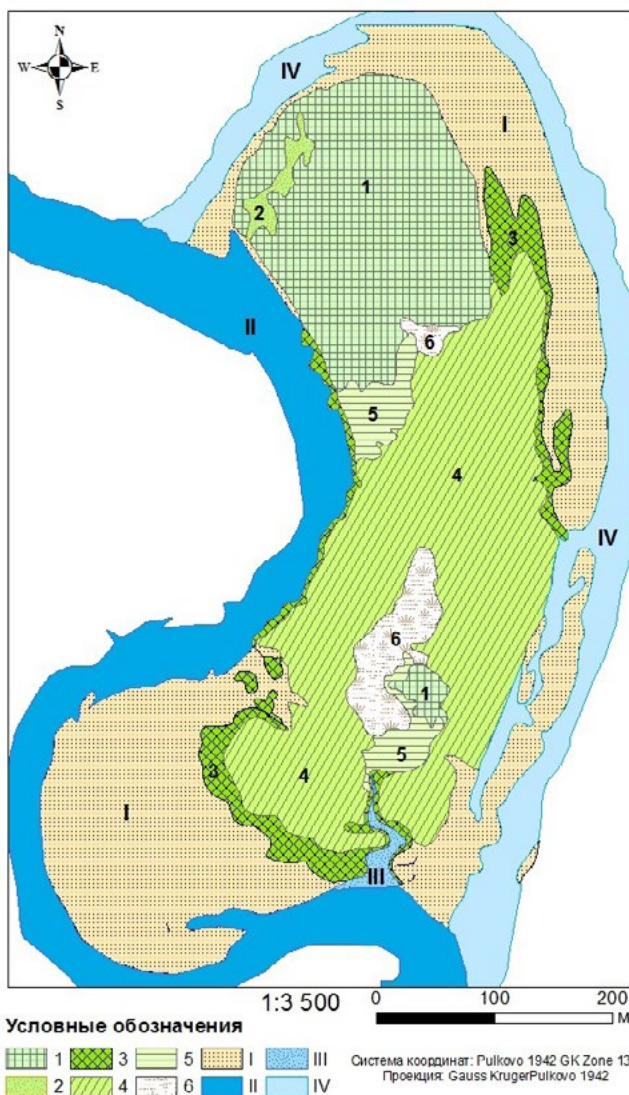
Остров имеет вытянутую с юга на север овальную форму. Площадь острова составляет 21 га. В геоморфологическом отношении территория относится к Войкаро-Сыньинской среднегорной провинции Сось-Пайерского округа Рай-Изского района [5]. Остров сложен аллювиально-пролювиальными отложениями. Рельеф местности слабонаклонный, волнистый.

По климатическим условиям исследуемая территория находится на границе Атлантико-арктической области умеренного климатического пояса и Атлантической области субарктического пояса. Зима продолжительная, морозная, многоснежная, с частыми ветрами преимущественно южного и юго-западного направления (частые метели более 100 дней в году). Высота снежного покрова достигает 90-100 см. Продолжительность снежного периода около 240 дней. Средняя температура января  $-26^{\circ}\text{C}$ . Лето короткое и прохладное. Средняя температура июля  $+13^{\circ}\text{C}$ . Среднее количество осадков в теплый период составляет 350-400 мм [6].

Согласно схеме природного районирования исследуемая территория относится к Полярно-Уральской предгорно-среднегорной лесотундровой области [7]. В ходе исследования установлено, что на острове доминируют лиственничные редкостойные леса со злаково-разнотравным надпочвенным покровом и кустарничково-сфагновым ярусом, а также березово-лиственничное редколесье в сочетании с зарослями ивы и ольхи с кустарничково-моховым ярусом. Несмотря на то, что берега острова в основном не покрыты почвенно-растительным покровом, в некоторых местах встречаются заросли ивы. Также в разных частях острова встречаются кустарниковые осоково-моховые участки (рис. 1).

Гидрографическая сеть не развита. Водные объекты представлены болотами низинными кустарничково-моховыми. Почвы аллювиальные слаборазвитые на аллювиально-пролювиальных отложениях.

Определение устойчивости природно-территориальных комплексов (ПТК) острова Заячий к рекреационным нагрузкам осуществлялось согласно Времен-



**Условные обозначения:** 1 – лиственничные редкостойные леса со злаково-разнотравным надпочвенным покровом и кустарничково-сфагновым ярусом; 2 – приопушечные злаково-разнотравные луга; 3 – заросли ивы; 4 – березово-лиственничное редколесье в сочетании с зарослями ивы и ольхи с кустарничково-моховым ярусом; 5 – кустарниковые осоково-моховые заросли; 6 – болота низинные кустарничково-моховые; I – галечный берег; II – основное русло р. Сось; III – залив; IV – старица реки.

Рис. 1. Карта природно-территориальных комплексов острова Заячий

ной методике определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок [8].

Суть методики заключается в определении допустимой рекреационной нагрузки путем моделирования категорий повреждений поверхности почвенного покрова. Имитирование категорий повреждения выполняется вытаптыванием его поверхности на микрощафках размером 1x1 м, закладываемых не менее чем в 3-кратной повторяемости, на участках с ненарушенной поверхностью почвенного покрова (рис. 2).

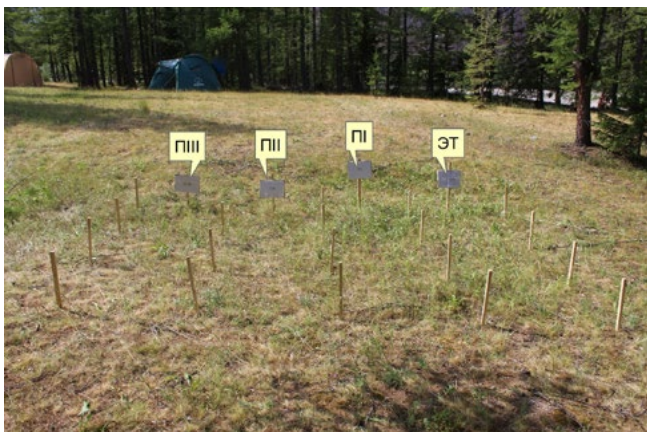


Рис. 2. Экспериментальная площадка по определению имитированной рекреационной нагрузки на острове Заячий (N66°53'09,78» E65°45'05,70»). П – площадка; I, II, III – категория повреждения; ЭТ – эталонная площадка

Выделяется три категории повреждения почвенного покрова (I, II, и III). При I категории – поверхность слабо изменена, видовой состав напочвенного растительного покрова характерен для неизменных рекреационных участков, его обилие снижено на 10-20 %, подстилка уплотнена и частично нарушена, её мощность снижена на 10-30 %. При II категории – поверхность средне изменена, слабо выражены тропы и участки с сильно (от 40 и более %) вытопанным напочвенным покровом, с преобладанием почвенно-корневых видов растений, устойчивых к вытаптыванию и уплотнению почвы. Подстилка сильно уплотнена, её мощность снижена на 40 и более %. При III категории – поверхность сильно измененная (тропы и участки с полностью вытопанным напочвенным покровом и подстилкой).

Полученные в ходе моделирования данные позволяют рассчитать две величины:

1) суммарное время отдыха на единице площади (i) (час/га):  $i = T(I) * S(I) + T(II) * S(II) + T(III) * S(III)$ , где T (I, II, III) – время, затраченное на имитирование категории повреждения поверхности почвенного покрова (час); S (I, II, III) – площадь категорий повреждения поверхности почвенного покрова (м<sup>2</sup>).

2) допустимое количество рекреантов на единицу площади в среднем за сезон (P) (чел./га):  $P = i / T - 1$ , где T – продолжительность учетного периода в часах; i – суммарное время отдыха на единицу площади (час/га). В ходе наших исследований продолжительность учетного периода (T) принималась из расчета 119 дней (количество дней, благоприятных для организации туристской деятельности) при усреднённом показателе ежедневного отдыха 8 часов и составила 952 часа (119 дней \* 8 часов).

Вышеизложенная методика позволила нам определить допустимую рекреационную нагрузку на листовенный редкостойный лес и приопушечную злаково-разнотравную луговину острова Заячий, где планируется организация многофункционального лагеря.

Результаты исследования и их обсуждение. Главными факторами, определяющими привлекательность остро-

ва Заячий с точки зрения развития рекреации, является концентрация уникальных природных и историко-культурных объектов, расположенных в пределах массива Рай-Из, а также доступность территории к посещению. Вокруг острова расположены такие туристские объекты, как Полярная метеостанция, Шаман-камень, Горные останцы, Нефритовый водопад, водопад Енгаю, ледники Топографов и Романтиков, горы Динозавр и Чёрная, Памятный знак погибшим лыжникам, летняя стоянка оленеводов, туристическая база «Красный камень».

В свою очередь, доступность территории к посещению предопределила развитие самодеятельного (дикого) туризма. Остров является популярным местом отдыха местных жителей близлежащих населенных пунктов (п.г.т. Харп, г. Лабитнанги и г. Салехард). В результате этого природные комплексы объекта исследования на протяжении длительного времени находятся под интенсивным рекреационным воздействием. Экспедиционные исследования показали, что ПТК острова находятся в третьей и четвертой стадии рекреационной дигрессии. На данных стадиях с целью сохранения окружающей природной среды требуется проведение мероприятий по регулированию рекреационной нагрузки и строгого режима рекреационного использования.

Особенно нарушены ПТК северной и северо-западной части острова. Здесь частично уничтожен растительный и почвенный покров, территория захламлена бытовыми отходами, большое скопление кострищ в местах, не оборудованных для разведения огня, выражена тропиновая сеть, а также накатанные вездеходной техникой дороги.



Рис. 3. Кострище в необорудованном месте



Рис. 4. Свалка бытовых отходов



Несмотря на то, что ежегодно в начале туристского сезона волонтерами осуществляется очистка острова, по окончании сезона появляется еще больше бытовых отходов – стеклотары, консервных банок, пластиковых и полиэтиленовых пакетов, оставленных туристами и отдыхающими [10].

В ходе моделирования рекреационной нагрузки нами установлено, что суммарное время отдыха на единицу площади рассматриваемой поверхности составляет 1790 час/га (рассчитано по формуле 1).

Используя формулу 2, рассчитаны значения до-

ступного количества рекреантов на единицу площади в среднем за сезон. В результате на каждом гектаре вовлекаемой территории ежедневно может находиться не более 1,88 чел./га.

Стоит отметить, что при организации в данных ПТК планового туризма или массового повседневного отдыха полученные в ходе расчетов данные необходимо снизить в 3 и 4 раза соответственно, что будет отвечать экспериментально установленным соотношениям в агрессивности этих видов отдыха к экосистеме [9] (табл.1).

Табл. 1.

**Расчеты норм допустимой рекреационной нагрузки в зависимости от вида отдыха на острове Заячий**

Природно-территориальный комплекс	Единовременная допустимая рекреационная нагрузка в среднем за сезон (чел./га)		
	Экскурсии	Массовый повседневный отдых	Плановый туризм
Лиственничный редкостойный лес со злаково-разнотравной луговинной	1,88	0,47	0,62

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что допустимая рекреационная нагрузка на лиственничный редкостойный лес и приопушечную злаково-разнотравную луговину острова Заячий при экскурсионном туризме может составлять не более 1-2 человек на 1 га. При таких нагрузках природный комплекс может сохранить устойчивость и функционировать без необратимых изменений. При увеличении нагрузки существующая на острове экосистема будет уничтожена. Остальные виды туризма на острове являются критичными для существующей здесь экосистемы. Также необходимо понимать, что на острове экскурсионных объектов нет.

Основываясь на рассчитанной допустимой рекреационной нагрузке и визуальной оценке рекреационных возможностей острова, на наш взгляд, организация

многофункциональной площадки или развитие планового и массового туризма на территории объекта исследования нецелесообразны. Организация каких-либо культурно-массовых мероприятий или туристской активности невозможна без нанесения существенного ущерба экосистеме острова.

Важными лимитирующими факторами, осложняющими организацию рекреационной деятельности (в том числе возведение капитальных построек) на острове, являются эрозионные процессы, вызванные сезонными природными явлениями (половодьем и паводком). Берега острова подвержены размыву и обрушению. При ледоходе крупные глыбы льда выходят на поверхность острова, повреждая и выкорчевывая деревья (рис. 5).



Рис. 5. Воздействие эрозионных и ледовых процессов на остров Заячий

Заложенные в ходе исследования шурфы вскрыли отложения, которыми сложен остров. Они представлены чередованием валунно-галечного, песчаного (песок

крупнозернистый) и почвенного материала. Такое чередование позволяет сделать вывод, что периодически река Собь затопляет остров (рис. 6).



Рис. 6. Почвенный разрез (N66°53'09,06» E65°45'04,50»)

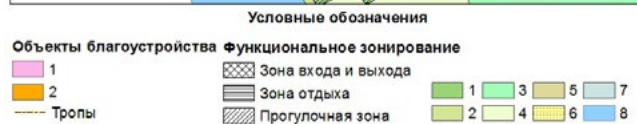
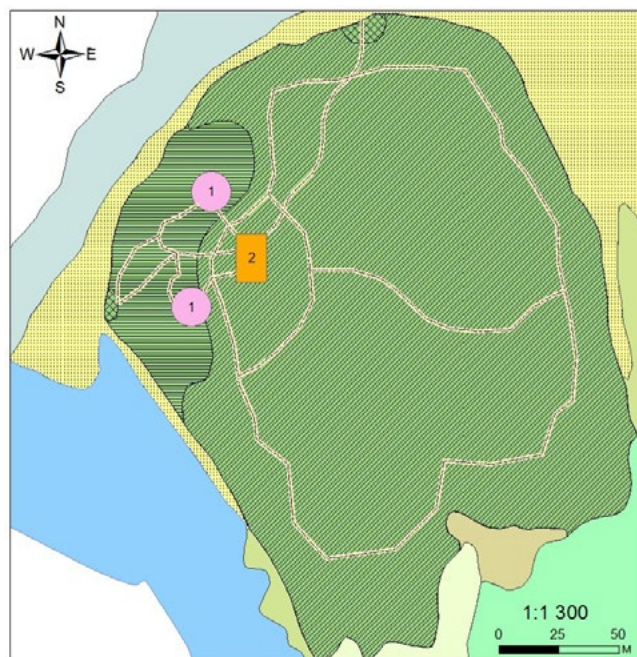
Несмотря на существующие препятствия для развития массового туризма, необходимо понимать, что самодеятельный отдых будет сохраняться. Поэтому учитывая уже существующие неорганизованные площадки для отдыха в северной и северо-западной частях острова, труднодоступность остальных участков, а также сезонные половодья, паводки и ледоходы, в качестве мероприятий по поддержанию экологического баланса и развития рекреации на острове Заячий мы предлагаем провести функциональное зонирование территории с определением наиболее подходящих мест для отдыха.

Целесообразно выделить три функциональные зоны (рис. 7). Первая зона включает две подзоны – входа и выхода. Подзона входа расположена в северо-западной части острова и обращена на массив Рай-Из, подзона выхода находится в северной части острова.

Вторая зона – прогулочная зона. Охватывает часть острова, где произрастает лиственный редкостойный лес. На данном участке территории возможна организация тропиной сети.

Третья зона – зона отдыха расположена в северо-западной части острова, откуда открывается живописнейший вид на массив Рай-Из. Площадки для отдыха в пределах выделенной зоны следует размещать исключительно на возвышенности во избежание разрушения построек паводками и ледоходом. На данной территории предлагаем установить две площадки. В свою очередь, площадки предусматривают наличие оборудованных мест для разведения костров, мест для организации ночёвки, открытой или закрытой беседки, антивандальных мусорных баков больших объемов, наличие индивидуальных тропинок (в виде деревянных настилов), которые подходят к площадке для отдыха; а также информационный щит, на котором представлена краткая информация о месте отдыха.

Также целесообразно оборудовать хозяйственную зону, в которой будет предусмотрено наличие крытой постройки, где находятся инвентарь для уборки территории, информационный щит и заготовленные дрова для кострищ.



**Условные обозначения.** Объекты благоустройства: 1 – би-вуак; 2 – хозяйственная зона. ПТК: 1 - лиственный редкостойный лес со злаково-разнотравным надпочвенным покровом и кустарничково-сфагновым ярусом; 2 - заросли ивы; 3 – березово-лиственный редкостойный лес, заросли ивы и ольхи с кустарничково-моховым ярусом; 4 – кустарничковые осоково-моховые заросли, 5 – болота низинные кустарничково-моховые; 6 – галечный берег; 7 – р. Сось; 8 старица реки Сось.

Рис. 7. Функциональное зонирование наиболее посещаемой северо-западной и западной части острова Заячий

Обустройство площадок для отдыха должно основываться на следующих принципах:

**Принцип экологической устойчивости.** Направлен на создание таких условий для отдыха, при которых инфраструктура и её дальнейшая эксплуатация не наносила бы экологический ущерб острову.

**Принцип эстетической гармонизации.** При обустройстве мест для отдыха должны учитываться ландшафтные особенности местности. Оборудованные площадки должны минимально выделяться на общем плане, не нарушая эстетико-рекреационной привлекательности территории.

**Принцип инвестиционной привлекательности.** Обустройство должно проводиться так, чтобы оно способствовало не только привлечению инвестиций для улучшения территории до уровня их окупаемости, но и обеспечению дополнительными ресурсами для обслуживания созданных объектов, а также возможному развитию подобных мест для отдыха вблизи других живописных мест Полярного Урала и населенных пунктов.

**Выводы.** На первый взгляд, остров Заячий является привлекательной территорией, на базе которой возможна организация культурно-массовых мероприятий,

а также развитие рекреационной деятельности. Привлекательность острова обусловлена его удачным расположением на маршруте сплава по реке Сось, наличием площадки, на которой возможно возведение построек для комфортного размещения туристов, концентрацией уникальных природных объектов в его окрестностях. Однако комплексное изучение туристско-рекреационных возможностей и оценка допустимой рекреационной нагрузки на природные комплексы свидетельствуют о том, что вовлечение данной территории в рекреационную деятельность невозможно без нанесения существенного ущерба его экосистеме.

Близость острова к населенным пунктам и железной дороге предопределила активное развитие самостоятельного, неорганизованного (дикого) туризма, что, в свою очередь, негативно отражается на экологическом состоянии острова. При этом проблема неорганизованного туризма заключается не только в нанесении вреда

экосистеме острова, но и в сохранности возведенных капитальных построек. Данные объекты без должной охраны могут быть разграблены или вовсе разрушены. Повреждение и уничтожение капитальных построек также может произойти в результате сезонных природных явлений, таких как паводок, ледоход.

Для рационального и эффективного вовлечения данной территории в рекреационную деятельность необходимо реализовать следующие мероприятия: 1) проведение работы по восстановлению нарушенных участков природы и укреплению берега острова; 2) проведение функционального зонирования и благоустройства данной территории для отдыха; 3) проведение ежегодного рекреационного мониторинга острова. Данные мероприятия позволят поддержать экологический баланс и минимизировать влияние рекреационной деятельности на природные комплексы острова Заячий.

## ЛИТЕРАТУРА

---

Rannveig O., Micael C. Assessing hiking trails condition in two popular tourist destinations in the Icelandic highlands / O. Rannveig, C. Micael // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. – 2013. – № 3-4. – P. 57-67.

Кусков А.С. Туристское ресурсоведение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.С. Кусков. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 208 с.

Ушаков Е.О. Методологические основы оценки ресурсов развития туризма региона [Текст]: монография / Е.О. Ушаков, И.И. Золотарев, С.А. Вдовин. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 194 с.

Киприна Е.Н. Туристское ресурсоведение: учеб. пособие. – Тюмень: Изд. ТюмГУ, 2014. – 168 с.

Шакиров А.В. Физико-географическое районирование Урала / А.В. Шакиров. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 169 с.

Атлас СССР / Отв. ред. Точенов В.В. – М.: ГУГК, 1983. – 258 с.

Чибилёв А.А. Природное районирование Урала с учётом широтной зональности, высотной поясности

и вертикальной дифференциации ландшафтов / А.А. Чибилёв, Ант.А. Чибилёв // Известие Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т.2. – № 4-6. – С.1660-1665.

Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. – М.: Изд-во Госкомлеса СССР, 1986. – 35 с.

Сверчкова И.А. Оценка имитированной рекреационной нагрузки (на примере Алтайского района Алтайского края) // Труды молодых ученых АлтГУ. – 2012. – №9. – 180-182 с.

Официальный сайт Администрации МО Приуральского района [Электронный ресурс] «Зеленая Арктика»: Экологическая акция по очистке острова на реке Сось. Точка доступа: <http://xn--80aawbfbdhxjcmbl2a0n.xn--p1ai/news/12060/> (дата обращения 24.07.2017).

R.I. Loktev, R.A. Kolesnikov

## ESTIMATION OF PERMISSIBLE RECREATIONAL LOADS AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE ECOSYSTEM OF THE ZAYACHY ISLAND ON THE SOB RIVER

---

*The Zayachy Island is considered as a promising area for the development of tourist and recreational activities in the Yamal-Nenets Autonomous District. To substantiate the rational use of the recreational potential of the island, a research work has been carried out. The purpose of the research was to determine the permissible recreational loads and to estimate the recreational potential of the territory of the object of study. The results obtained in the course of the study made it possible to make recommendations for maintaining the ecological balance, minimizing the influence of recreational activities on the natural complexes of the Zayachy Island.*

**Keywords:** Polar Urals, recreational potential, recreational load, recreational resources, functional zoning, natural territorial complexes, ecosystems.

**Gratitude.** The authors would like to express their gratitude to Interregional Public Ecosociological Organization "Green Arctic" for organizational support in carrying out field research.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ ЛОНГЪЕГАН (ХЕЙГИЯХА) В РАЙОНЕ АВТОМОБИЛЬНОГО МОСТА

*В работе рассматривается таксономический состав макрозообентоса притока реки Надым (река Лонгъеган) на четырех станциях в районе автомобильного моста. А так же оценивается антропогенное воздействие на данный водоток.*

**Ключевые слова:** Надым, Лонгъеган, ЯНАО, макрозообентос.

Любой водоем, как экосистема, включает биологическую составляющую, т.е. обитающие в ней сообщества живых организмов, среди которых существенную роль играют беспозвоночные, составляющие макрозообентос.

Сообщество макрозообентоса в водоемах, представляя собой, промежуточное звено между микро- и макрокомпонентами водных биоценозов, играет существенную роль в трофических цепях и в трансформации вещества и энергии. По количественному развитию и продукционным характеристикам макрозообентос может существенно превосходить другие сообщества гидробионтов. [Красненко, 2009, 2010, Степанов, 2007 и др.].

Некоторые водоемы севера Тюменской в этом отношении изучены сравнительно подробно: устье реки Обь, некоторые части Обской, Тазовской Гыданской губы, но большинство территорий остаются мало изученными. Особенно это касается малых рек и притоков. В настоящее время, в водоемах юга Тюменской области выявлено свыше 300 видов макробеспозвоночных относящихся к 9 типам и 15 классам [Шарапова, 2007, Иоффе, 1947 и др.]. Исследования реки Обь и её крупных притоков ведутся, начиная с 1940-х годов и по настоящее время, что связано с активным освоением нефтегазоносных месторождений и проблемами логистики углеводородного сырья. Что не может не оказывать влияния на сообщества гидробионтов.

Целью данной работы явилось изучение видового состава и биолого-экологических особенностей макрозообентоса реки Лонгъеган (Хейгияха).

Нами был рассмотрен таксономический состав макрозообентоса, проведен эколого-ценотический анализ, выявлены особенности распределения некоторых видов макрозообентоса и их встречаемость на разных участках реки.

Река Лонгъеган находится на западе центральной части Надымского района, впадает в реку Надым слева по

ходу течения в 25 км юго-восточнее г. Надым. Образуется слиянием рек Большой Лонгъеган и малый Лонгъеган. Длина реки составляет 243 км (с учетом реки Б. Лонгъеган – 350 км), площадь водосбора 7910 км. В бассейне около 460 водотоков. Половодье начинается обычно в мае, достигает пика через две недели и заканчивается в июне – июле. Средняя продолжительность около 2 месяцев. Средний расход воды 70м/сек. Река замерзает в октябре, вскрывается в середине, третьей декаде мая. Средняя продолжительность ледостава около 220 дней. Вода сильно загрязнена нефтепродуктами, железом (в 10-15 превышает ПДК) и др. веществами [Печкин, 2016; Ямал, 2004; Ларин, 2001; Дмитриев, 1917 и др.].

В августе 2017 года на реке было выбрано 4 станции относительно автомобильного моста через реку. Две станции ниже моста и две выше. Параллельно отбору проб бентоса отбирались пробы воды и донных отложений для химического анализа на наличие токсикантов различного типа и происхождения. (Рис 1).



Рис. 1. Точки отбора гидробиологических проб

Пробы зообентоса отбирали на глубине около 0,5 м донным скребком с площадью захвата 0,5 м<sup>2</sup>. Для отбора проб на реке, выбирали участки с одинаковой скоростью течения. Все пробы отобраны в течение суток. Проба после отбора фильтровалась и фиксировалась этиловым спиртом, после чего в лабораторных условиях проводился разбор пробы и перефиксация объектов. На каждой станции пробы зообентоса брались трижды, что, позволяет наиболее полно описать структуру таксономического состава донных беспозвоночных на данном участке реки. В дальнейшем планируется проведение сезонного мониторинга, для выявления динамики видового состава и численности беспозвоночных. Разбор проб и определение гидробионтов производили под бинокулярным микроскопом МБС-10.

Состояние обследованных участков описывали по традиционным структурным показателям таксономического состава (таксоны – систематические группы организмов, связанных той или иной степенью родства), численности и широко применяемым в гидробиологии биотическим индексам. Для сравнения видовых составов обследованных станций был использован коэффициент Жаккара в модификации Л.И. Малышева ( $K_{j-m}$ ):

$$K_{j-m} = \frac{3c - (a+b)}{(a+b) - c}$$

где, а – число видов в одном водоеме (или участке водотока); b – число видов в другом водоеме; c – число видов, общих для двух водоемов. Пределы  $K_{j-m}$  от + 1

до – 1, при  $K_{j-m} < 0$  отмечается различие, а при  $K_{j-m} > 0$  – сходство родовых и видовых составов сравниваемых водоемов. [Красненко, 2016; Кобелев, 2016]

В пробах обследованного участка реки нами было зарегистрировано 12 видов макробеспозвоночных. (табл. 1), до вида не определялись олигохеты и нематоды. Наибольшим видовым богатством характеризовались личинки двукрылых (4 вида). Зарегистрирован, 1 вид пиявок и два вида двусторчатых моллюсков.

Наибольшим видовым богатством характеризовалась станция № 2. Здесь нами было зарегистрировано 10 видов и макротаксонов беспозвоночных. Минимальное количество видов 4, из них основное количество приходится на хирономид приходится на станцию № 3 в районе автомобильного моста.

Доля олигохет варьирует в зависимости от станции. Так на первой станции доля олигохет составляет 32,3%, а максимальной величины 50% достигает в низовьях (окрестности взрыв складов – станция №4). Кроме того количество олигохет несколько выше на второй станции, что возможно связано с впадением в этом месте в реку небольшого болотного ручья несущего большое количество органики.

На станции № 4 увеличение доли олигохет связано с замедлением водообмена из за резкого уменьшения глубины реки и множества мелких островков, что так же не может не оказывать влияния на фауну макрозообентоса. На остальных станциях доля олигохет практически не отличается друг от друга.

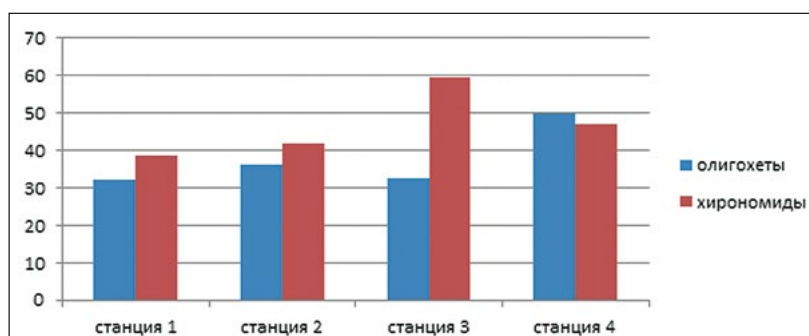
Табл. 1

**Видовой состав и численность беспозвоночных бентоса реки Лонгъеган (экз/м<sup>2</sup>)**

таксон	станция 1	станция 2	станция 3	станция 4
Oligohaeta	10	20	17	16
Hirudinea	1	5	2	-
Bivalvia (мелкие)	5	-	-	1
Nematoda	3	5	2	-
Coleoptera	-	2	-	-
Chironomidae	12	23	31	15
Всего экз.	31	55	52	32
Число таксонов	5	5	4	4
Доля олигохет в %	32,3	36,4	32,7	50
Доля хирономид в %	38,7	41,8	59,6	46,9

При этом доля хирономид в пробах практически не изменяется, за исключением станции № 2, что также

может быть связано с впадением ручья.



Анализ сходства видовых составов гидробионтов из обследованных станций с применением коэффициента сходства видовых составов Жаккара-Малышева и индекса общности фаун Чекановского-Соренсена, показал, что сходство фаун станций на реке довольно высокое, так по коэффициенту Жаккара-Малышева ( $K_j-m$ ) сходство достигает 0,7, при чем наименьшее сходство наблюдается только при сравнении со второй станцией. (Рис. 2)

Обследованный нами участок реки показывает постоянное влияние антропогенного воздействия, как на акваторию, так и на водосборный бассейн реки (наличие бытового мусора, следов ГСМ на воде и песчаных косах). При этом четкого влияния автомобильного моста на макрозообентос реки нами не выявлено. Наибольшее влияние на видовой состав оказал впадающий ручей несущий большое количество органики (бурый цвет воды, наличие мелкой взвеси торфа), а также понижение уровня воды и формирование мелких островков и песчаных кос (станция №4 окрестности взрыв складов).

По результатам проведенной работы нами были сделаны следующие выводы:

1. В макрозообентосе обследованных участка реки, нами отмечено 12 таксонов беспозвоночных. Наибольшее видовое разнообразие имеют насекомые.
2. Анализ сходства видовых составов гидробионтов из обследованных водоемов с применением коэффициента Жаккара-Малышева и индекса Чекановского-Соренсена, показал, что для большинства сравниваемых пар видовые составы сходны.
3. На всех станциях по видовому разнообразию доминируют насекомые. По численности доминантными являются личинки хирономид, а субдоминантами являются олигохеты и мелкие нематоды.
4. Наибольшее влияние на таксономический состав макрозообентоса данного водотока оказывает скорость течения и наличие мелких островов и отмелей. Достоверного влияния антропогенного объекта (автомобильного моста) выявлено не было.

ЛИТЕРАТУРА

---

- География Ямало-Ненецкого автономного округа. под. ред. Ларин С.И.: учебное пособие. – Тюмень: Изд-во Тюменского госуниверситета, 2001.
- Гусаков В.А. Мейобентос Рыбинского водохранилища // товарищество научных изданий КМК. – 2007. – 155 с.
- Дмитриев-Садовников Г.М. Река Надым // Ежегодник Тобольского губернского музея. – 1917. – Выпуск XX VIII. – С. 2–44.
- Иоффе Ц.И. Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Изд. ВНИИОРХ. – Т. 25, вып. 1. – 1947. – С. 113–161.
- Кобелев В.О., Агбальян 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Мордохай-Болтовской Ф.Д., Чиркова З.Н. О распространении байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) в Горьковском водохранилище // Биология внутренних вод: Информ. бюл. – Л., 1971. – № 9. – С. 39–41
- Печкин А.С., Кобелев В.О., Красненко А.С., Печкина Ю.А. Экологическая оценка и ландшафтный анализ территории Арктической зоны Западной Сибири // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2015. – Т. 89. – № 4. – С. 49-52.
- 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: Филигрань, 2014. – Т. II. – С. 359-361.
- Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири. – Новосибирск.: Наука, 2007. – 167 с.
- Ямал: Энциклопедия Ямало-Ненецкого автономного округа: В 3-х т. Т. 3. Салехард. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2004. – С. – 247.
- Mare M. F. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms / M. F.Mare // J. Mar. Biol. Ass. U. K. – 1942. – Vol.25. №3. – P. 517-554
- Hulings N. C. A manual for the Study of Meiofauna / N. C. Hulings, J. S. Gray // Smit. Contr. Zool. –1971. – 78. – P. 1–84.

A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, I.P. Semenyuk

## SPECIES COMPOSITION AND AMOUNT OF MACROZOOBENTHOS OF THE RIVER LONGYEGAN (HEYGIYAHА) IN THE AREA OF THE AUTOMOBILE BRIDGE

---

*This paper considers the taxonomic composition of macrozoobenthos of a tributary of the Nadym river (river Longyugan) at four stations in the vicinity of the road bridge. As well as evaluated the human impact on this watercourse.*

**Keywords:** *Nadym, Longyugan, YANAO, macrozoobenthos.*



## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОТРУБОК НА ОРГАНИЗМ ТЕПЛОКРОВНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

*Изучено 2-недельное внутрижелудочное воздействие однослойных углеродных нанотрубок (оУН) в дозах 0,05 и 0,5 мг/кг в подсолнечном масле на тонкий кишечник крыс-самцов Vistar. 2 группы были контрольными – интактные и с внутрижелудочным введением подсолнечного масла из расчета 0,5 мл масла на 100 г массы тела животных. Показано, что при воздействии оУН в дозе 0,05 мг/кг отмечалась только тенденция к изменению изученных показателей. Увеличение воздействующей дозы оУН до 0,5 мг/кг приводило к значительному достоверному снижению более чем в 2 раза числа ворсинок без нарушения целостности всасывающей каемки с параллельным увеличением числа деструктурированных ворсин, и эта деструктурированность сопровождалась тенденцией к увеличению в 1,8 раза числа ворсинок с апикальным некрозом. Кроме того, достоверно в 5-11,8 раза увеличивалось число ворсинок с усилением инфильтрации, тогда как компенсаторная реакция пролиферации эпителия еще не возникала. Авторы предполагают, что более мягкое воздействие оУН на тонкий кишечник может быть объяснено, скорее всего, более коротким сроком экспозиции, так как характер воздействия в случае как многослойных УН, так и случае однослойных УН адекватен.*

**Ключевые слова:** воздействие однослойных нанотрубок, тонкий кишечник крыс, морфофункциональные показатели.

В то время как нанотехнологии активно развиваются, токсикологическая оценка наночастиц и наноматериалов ведется крайне недостаточно, что не позволяет в должной мере оценить риски их воздействия на здоровье человека [4]. Нами было показано, что для раскрытия влияния наночастиц на организм при структурно-функциональном определении их токсичности необходима экспериментальная оценка *in vivo* воздействия различных доз или концентраций на теплокровных лабораторных животных [1]. В настоящее время производится широкий спектр наноматериалов, наиболее распространенными являются нанопорошки металлов и их оксидов (кремния, титана, серебра), углеродные нанопорошки и нановолокна, фуллереновые материалы. Интерес к оценке воздействия на организм многослойных углеродных нанотрубок (УН) объясняется возможностью их использования в качестве сорбирующего материала в процессе водоподготовки. Проведенные изучения показали его схожесть с воздействием асбеста. Так, в опытах *in vitro* и на препаратах легких грызунов УН вызывали изменения в легких, а при интерперитонеальном воздействии – фиброзное утолщение брюшины и

опухоли [6,8,9]. Ранее нами было изучено воздействие коротких многослойных УН на печень, почку, тонкий и толстый кишечник самцов мышей [1,2,7], многослойных УН на тонкую кишку самцов беспородных крыс [3] и однослойных (оУН) на печень крыс Vistar [4]. В этих экспериментах при изучении коротких многослойных [1-2,7] и длинных (длиной 2 и более микрон) УН на тонкую кишку [3] были отмечены значительные структурно-функциональные изменения. Так, при хроническом 6-месячном воздействии на крыс УН в концентрации – 0,2 мг/л и особенно в концентрации – 0,5 мг/л выявлялись значительные изменения в тонкой кишке крыс, выражающиеся в уменьшении числа ворсинок без нарушения целостности всасывающей каемки, увеличении числа деструктурированных ворсинок и ворсинок с апикальным некрозом. Воздействие УН при концентрации – 0,2 мг/л вызывало также достоверное увеличение числа ворсинок с усилением пролиферации эпителия, тогда как при концентрации в 0,5 мг/л этот показатель уже достоверно не отличался от контрольных величин, что свидетельствовало о снижении компенсаторных возможностей тонкой кишки [3]. В связи с этим необходимо

было выяснить, однозначно ли меняется структура тонкого кишечника при воздействии оУН.

Используемые нами однослойные (оУН) по химическому составу на 85 % состоят из углерода и неорганических примесей. Технология производства основана на каталитическом синтезе CNT в газовой фазе на свободных частицах катализатора. Данная технология позволяет получить неагломерированные УН с заданной структурой. оУН имеют паспорт безопасности химической продукции РПБ № 91735575 21 38016 от 12 мая 2015 г., по которому они относятся к умеренно опасным продуктам, 3-й класс опасности по степени воздействия на организм в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76. В данном эксперименте оУНТ для возможности его внутрижелудочного введения растворяли в подсолнечном масле из расчета 0,5 мл масла на 100 г массы тела животных. Самцы крыс Vistar весом 170-200 г в течение 2-недельного внутрижелудочного воздействия содержались в камерах по 4 особи на стандартной диете при свободном доступе к воде. В анализ брали по 6 животных из каждой группы. Условия проведения и вывода животных из эксперимента проводили с соблюдением международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным и требований Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных (приложение к приказу Минздрава СССР от 12.08.1977 г., № 755). Животные выводились из эксперимента путем эвтаназии с помощью цервикальной дислокации.

Изучено 4 группы животных: воздействие оУН в дозах: 0,05 мг/кг (3-я группа), 0,5 мг/кг (4-я группа); 2 группы крыс были контрольными: группа животных, получавших подсолнечное масло (1-я группа), и группа без воздействия – интактный контроль (2-я группа). Кусочек тонкой кишки фиксировали в забуференном формалине. Через 3 недели орган промывали сутки в проточной воде, затем материал проводили по спиртам возрастающей крепости (по 2 смены 70, 96- и 100- гра-

дусного спирта) до касторового масла, после которого через 5 дней материал держали в 2-х порциях толуола и 2-х порциях парафина в термостате при 58 °С и заливали в смесь парафина с воском при 58 °С. Парафиновые блоки органа резали на электронном микротоме Hesting с толщиной срезов около 4 микрон, депарафинировали через толуол и по спиртам нисходящей крепости проводили (начиная с 2-х смен 100° спирта, 2-х смен 96° спирта, 2-х смен 70° спирта) до дистиллированной воды, окрашивали гематоксилином и эозином и далее по спиртам возрастающей крепости (по 2-м сменам 70° 96° и 100° спиртов), по 2-м сменам толуолов, после чего срезы на предметных стеклах заключались под покровными стеклами в бальзам. Материал просматривали на цифровом биологическом микроскопе Leica DM 2500 с программным обеспечением перевода изображения на экран компьютера при увеличениях микроскопа 10x20 и 10x40. Статистически определяли среднюю величину показателей (M), ошибку средней арифметической (S) и доверительные границы средней.

Результаты исследования представлены в табл. 1.

Так как показатели тонкой кишки животных 1-й и 2-й групп достоверно не отличались, это позволило объединить их в общий контроль (К). Тонкая кишка обследованных контрольных крыс сама по себе отличалась деструктивными изменениями. На этом фоне при воздействии оУН в дозе 0,05 мг/кг достоверных изменений не обнаружено. Однако при этом в этой подопытной группе крыс наблюдалась тенденция к изменению ряда показателей. Так, практически в 2 раза снижалось число ворсинок без нарушения целостности всасывающей каемки с параллельным увеличением числа деструктурированных ворсин. Число ворсинок с апикальным некрозом увеличилось в 1,7 раза. Пролиферация эпителия практически не менялась, тогда как показатель усиления инфильтрации имел тенденцию к повышению в 2,1-4,0 раза.

Табл. 1

**Морфофункциональная оценка 2-недельного воздействия нанотрубок на тонкую кишку крыс**

Показатели в %	Значения показателей в разных группах (M±S; доверительные границы средней)				
	Общий контроль (К)	Контрольные группы		Воздействие оУН	
		1	2	0,05мг/кг (3-я группа)	0,5мг/кг (4-я группа)
Число ворсинок без нарушения целостности всасывающей каемки	81,5±7,8 (64,2÷98,8)	82,4±8,4 (60,4÷100)	80,6±15,5 (41,0÷100)	46,0±15,2 (6,9÷85,1)	39,2±5,8 (25,0÷53,4)*от 1 и К.
Число деструктурированных ворсинок	18,5±7,8 (1,2÷35,8)	17,6±8,4 (0÷ 39,6)	19,4±15,5 (2,1÷36,7)	54,0±15,2 (14,9÷93,1)	60,8±5,8* ( 46,6÷75,0) от 1,2,Кгр.
Из них число ворсинок с апикальным некрозом	10,4±4,4 (0,6÷19,2)	10,4±6,1 (0÷26,4)	10,4±8,6; (0-33,0)	17,6±3,8 (7,7÷27,5)	19,2±2,5 (13,2÷25,2)
Число ворсинок с усилением пролиферации эпителия	4,0±1,5 (0,6÷7,4)	4,0±2,1 (0÷9,5)	4,0±2,9 (0÷11,7)	4,2,0±2,1 (0÷9,7,)	4,3±1,2 (1,3÷7,3)
Число ворсинок с усилением инфильтрации	2,7±0,9 (0,8÷4,6)	3,8±1,7 (0÷8,2)	1,6±1,1 (0÷4,4)	7,8±1,5 (3,9÷11,7)	19,0±2,5* (13,0÷25,0) от 1,2,К.

**Примечание:** 1. Достоверные отличия показателей выделены звездочкой и жирным шрифтом. 2. Курсивом отмечены достоверности от различных групп.



Рис. 1. Тонкая кишка контрольной крысы. Окраска гематоксилин-эозином; увеличение 10x40

Увеличение действующей дозы оУН до 5 мг/кг привело к значительному достоверному снижению более чем в 2 раза числа ворсинок без нарушения целостности всасывающей каемки с параллельным увеличением числа деструктурированных ворсин (рис. 1 и 2). Деструктурированность сопровождалась тенденцией к увеличению в 1,8 раза количества ворсинок с апикальным некрозом. Пролиферация эпителия не менялась, что свидетельствует о том, что гибель эпителия ворсинок пока не вызывает их компенсаторную регенерацию. Кроме того, достоверно в 5-11,8 раза увеличивалось число ворсинок с усилением инфильтрации не только по сравнению с контрольными группами, но и с тенденцией к увеличению в 2,5 раза по сравнению с 3-й группой.

Нами ранее [2,3] было высказано предположение, что при 2-месячном воздействии многослойные УН или их осколки повреждают часть ворсин тонкой кишки, в чем и заключается их схожесть с воздействием асбеста, в результате чего в месте повреждения развивается ком-

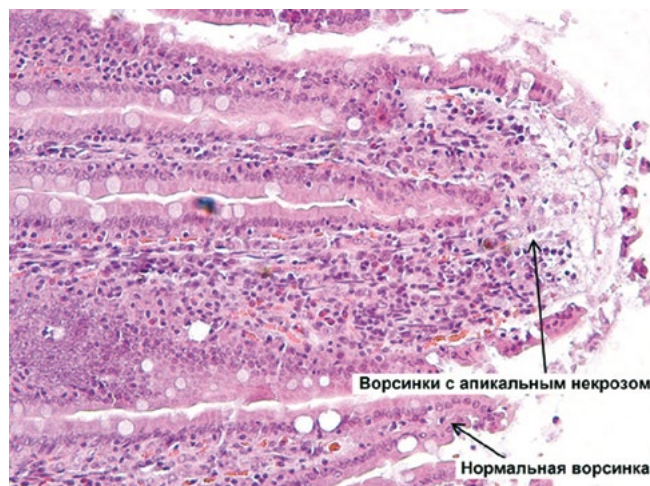


Рис. 2. Тонкая кишка крысы 4-й группы с воздействием оУН в дозе 0,5 мг/кг. Наблюдается изменение конфигурации ворсин, спаенность отдельных ворсин, усиление инфильтрации и пролиферации с возникновением апикальных некрозов. Окраска гематоксилин-эозином; увеличение 10x40

пенсаторная пролиферация эпителиоцитов, приводящая к деструктурированности ворсин, а при более длительном, 6-месячном воздействии, – к апикальному некрозу. [3]. Однако в нашем эксперименте мы наблюдали только тенденцию к апикальному некрозу, хотя отмечены и другие значительные повреждения тонкого кишечника. Более мягкое воздействие оУН на тонкий кишечник может быть объяснено, скорее всего, более коротким сроком экспозиции, так как характер воздействия в случае как многослойных УН, так и однослойных УН (оУН) адекватен.

Изложенные в научной работе методы исследования и организация проведения исследования с использованием экспериментальных животных будут использоваться сотрудниками Научного центра изучения Арктики для дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

---

Беляева Н.Н. Структурно-функциональная клеточная оценка воздействия наночастиц и нанопродукции на организм теплокровных животных. Сборник научных трудов: «Биомедицина XXI века: достижения и перспективные направления развития» (под ред. академика Ю.А. Рахманина). ISBN 978-5-94515-161-1 / Из-во Российской академии естественных наук. – 2016. – С. 45-52.

Беляева Н.Н., Михайлова Р.И., Сычева Л.П., Савостикова О.Н., Зеленкина Е.А., Гасимова З.М., Алексеева А.Б., Рыжова И.Н. Оценка влияния многослойных углеродных нанотрубок на морфофункциональное клеточное состояние тонкого кишечника мышей. // Гигиена и санитария. – 2012 – № 6. – С. 58-61.

Беляева Н.Н., Сычева Л.П., Савостикова О.Н. Структурно-функциональный анализ 6-месячного воздействия многослойных углеродных нанотрубок на тонкую кишку крыс. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2016 – т.161 – № 6, июнь. – С. 785-788.

Филатов Б.Н. Медико-гигиенические проблемы нанотоксикологии. / Материалы научной конференции «Нанотоксикология: достижения, проблемы и перспективы». – Волгоград, 2014. – С. 7-10.

Belyaeva N.N., Mikhaylova R.I., Vostrikova M.V., Sycheva L.P. Alekseeva A.V., Savostikova O.N., Kamenetskaya D.B,

Ryzhova I.N., N. Morphofunctional evaluation of rats liver in vivo intragastric action with single-walled carbon nanotubes and «Aevit». //Modern science – 2017 – vol. 11. № 04.- Pp. 80-85.

Donaldson K., Aitken R., Tran L. Carbon nanotubes review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety //Toxicological. Science. – 2006. v. 92 (1). – Pp.5-22.

Sycheva L.P., Mikhailova R.I., Belyaeva N.N., Zhurkov V.S., Yurchenko V.V., Savostikova O.N., Alekseeva A.B., Krivtsova E.K., Kovalenko M.A., Ahaltseva L.V., Sheremet'eva S.M., Yurtseva N.A., Muravyeva L.V. Study of Mutagenic and Cytotoxic Effects of Multiwalled Carbon Nanotubes and Activated Carbon in Six Organs of Mice In Vivo. // Nanotechnologies in Russia, ISSN 1995-0780. – 2015. – vol. 10- Nos. 3-4. – Pp. 311-317.

Takagi A., Hirose A., Nishimura T. et al. Induction of mesothelioma in p53+/-mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube // Toxicological. Science. – 2008- v.33 (1) – Pp.105-116.

Warheit D.B., Laurence B. R., Reed K.L. et al. Comparative pulmonary toxicity assessment of singlewall carbon nanotubes in rats // Toxicological. Science. – 2004. – v.77 (1). – Pp.117-125.

**N.N. Belyaeva, M.V. Vostrikova, V.V. Yurchenko,  
R.I. Mikhaylova, D.B. Kamenetskaya, I.N. Ryzhova**

## EVALUATION OF NANOTUBE IMPACT ON THE BODY OF WARM- BLOODED LABORATORY ANIMALS

---

*A 2-week intragastric impact of single-walled carbon nanotubes (sCN) at doses of 0.05 and 0.5 mg / kg in sunflower oil on the small intestine of male Vistar rats was studied. There were 2 control groups – intact and with intragastric introduction of sunflower oil at the rate of 0.5 ml of oil per 100 g of body weight of animals. It was shown that when sCN were exposed at a dose of 0.05 mg / kg, only the tendency to change the studied parameters was noted. An increase in the acting dose of sCN up to 0.5 mg / kg led to a significant reliable decrease in the number of villi by more than 2 times without disturbing the integrity of the suction margin with a parallel increase in the number of destructured villi, and this destructuration was accompanied by a 1.8-fold increase in the number of villi with apical necrosis. In addition, the number of villi with increased infiltration increased significantly 5-11.8 times, whereas the compensatory reaction of epithelial proliferation had not yet occurred. The authors suggest that a milder effect of sCN on the small intestine can be explained most likely by a shorter duration of exposure, since the nature of the exposure both in the case of multilayered CH and in the case of single-walled CH is adequate.*

**Keywords:** impact of single-walled nanotubes, small intestine of rats, morphofunctional indices.

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

---

*Проведен анализ научных данных в регионах, входящих в Арктическую зону РФ, в области генотоксического влияния загрязнения окружающей среды на организм человека, проживающего в Арктике. Поиск научных работ проводился в базах данных PubMed и <http://www.sciencedirect.com> с использованием стратегии поиска запросов по темам: micronucleus assays, micronucleus test and pollutants. Кроме того, проводился поиск с использованием данных научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>, <http://cyberleninka.ru>.*

**Ключевые слова:** ЯНАО, Арктическая зона РФ, загрязнение окружающей среды, биомаркеры, поллютанты, микроядра, буккальный эпителий.

Реализация масштабных проектов по добыче природных ресурсов Ямало-Ненецкого автономного округа неизбежно сопровождается значительными выбросами токсичных загрязняющих веществ в атмосферу, почву и водную среду. Загрязнение окружающей среды носит как экологический, так и медико-биологический характер. Загрязнённые вредными веществами вода, воздух, почва оказывают негативное воздействие на здоровье населения нашей страны. Спектр экологического воздействия проявляется на разных уровнях (молекулярном, клеточном и т.д.) и зависит от концентрации и длительности действия токсического вещества, комбинации его с другими факторами. Большое значение имеет генетически обусловленная чувствительность к восприятию тех или иных токсикантов. Несмотря на разнообразие вредных веществ, существуют единые механизмы их воздействия на организм как у взрослого человека, так и у ребенка [5].

Загрязнение окружающей среды выбросами токсических загрязняющих веществ вызывает образование микроядер в клетках, чувствительных к воздействию аппарата живых организмов, в постоянно делящихся клетках некоторых тканей и органов растений, животных и человека. Повсеместно регулярно проводятся исследования по использованию полиорганного кариологического тестирования для оценки уровня загрязнения окружающей среды. Данное тестирование позволяет изучить в динамике последствия воздействия мутагенного фактора на живые организмы [12].

С помощью данного метода проведено тестирование на мутагенную активность большого числа химических, физических и биологических агентов [7]. Показано, микроядерный тест по чувствительности не уступает тесту по изучению хромосомных аббераций в клетках костного мозга животных, являясь одновременно менее трудоемким [11, 13, 22, 23, 26]. Объектами для исследования данной методикой были разнообразные представители животного мира: мыши, обезьяны, лягушки [8], крысы [27], собаки [21], мангусты [20], рыбы [24], морские ежи [25]. Много исследований проведено на растениях, на корешках конских бобов и мейотических клетках традесканций [19].

Наибольшее число клеток с микроядрами, как правило, наблюдается через 24-30 ч после однократного мутагенного воздействия [9]. При действии различных канцерогенов уровень эпителиальных клеток с микроядрами достоверно увеличивается в десятки раз по сравнению с контрольной выборкой [28, 29, 30, 33]. Исследования популяции человека с использованием цитогенетических биомаркеров проводились и проводятся в России [4, 10], Армении [2, 14], Украине [17], а также в ряде зарубежных стран [31, 32].

Проведен анализ литературных данных о результатах исследований генотоксического влияния загрязнения окружающей среды на организм человека в суровых условиях Арктики (база данных PubMed и <http://www.sciencedirect.com>, научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>, <http://cyberleninka.ru>).

Следует отметить, что в арктических регионах количество исследований с использованием микроядерного теста незначительное. Интенсивные методические разработки данного направления осуществлялись Сычевой Л.П., Журковым В.С., Ингель Ф.И., Юрченко В.В. и др. (Москва); Калаевым В.Н., Буториной А.К., Карповой С.С. и др. (Воронеж); Корсаковым А.В., Трошиным В.П. (Брянск) и другими.

В доступных информационных ресурсах не представлена информация о работах по изучению отрицательного влияния тяжелых металлов и других загрязнителей окружающей среды на клетки буккального эпителия людей, проживающих в Республике Саха (Якутия).

В Красноярском крае выполнены цитогенетические исследования хвойных растений в антропогенно нарушенных районах. В работе Горячкиной О.В. и Сизых О.А. представлены результаты исследования 8 видов хвойных растений, произрастающих на территориях с повышенным уровнем техногенного загрязнения в г. Красноярске и его окрестностях. Было исследовано не менее 30 проростков или хвоинок для каждого образца. Изучали цитогенетические показатели: число хромосом, частоту встречаемости и типы нарушения митоза на стадии метафазы и ана- и телофазы; частоту встречаемости клеток с микроядрами на стадии интерфазы и количество микроядер в клетке. Установлено, что среди сибирских видов хвойных растений лиственница сибирская является наиболее подходящим тест-объектом для цитогенетического мониторинга окружающей среды. Так как образцы данного вида характеризовались снижением митотической активности, повышенной частотой патологий митоза и появлением клеток с микроядрами. Наличие в клетках микроядер является результатом длительного воздействия на растение генотоксических факторов различной природы и отражает степень нарушенности экологической обстановки на территории его произрастания. Остальные исследуемые виды хвойных растений проявили высокую устойчивость к техногенному загрязнению, что, вероятно, говорит об их хороших приспособительных возможностях к новым условиям [6].

В работе Белоусова М.В., Машкиной О.С., Попова В.Н. «Воздействие нитрата свинца на цитогенетические показатели сосны обыкновенной» было показано существенное влияние нитрата свинца на цитогенетическую изменчивость проростков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Хотя многие тяжелые металлы (ТМ) не являются необходимыми для жизнедеятельности растений, однако они могут ими активно поглощаться и долго сохранять токсические свойства, оказывая тем самым длительное отрицательное действие и последствие на организм. Ученые высказали предположение о том, что действие свинца связано с блокировкой полимеризации тубулина микротрубочек веретена деления, что приводит к задержке клеточного цикла на стадиях метафазы и мета-анафазы митоза, а также с его ингибирующим действием на ферменты репарации ДНК. [3].

Сотрудниками ФГБУН Кольского научного центра РАН и Научного отдела медико-биологических проблем

адаптации человека в Арктике проводятся работы по изучению цитогенетических эффектов воздействия природных источников ионизирующего излучения на работников горно-рудных производств Мурманской области и выявление неспецифических биоиндикаторов загрязнения почв выбросами промышленных предприятий. Мурманская область – регион с развитой горно-металлургической промышленностью. Основные компоненты атмосферных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода (КАЗ) и медно-никелевого комбината (МНК) «Североникель» являются F, Al, Fe, Si и полициклические ароматические углеводороды. Для здоровья горных рабочих, которые занимаются разработкой подземных руд, содержащей такие природные радионуклиды, как уран, торий, радий, представляют опасность различные виды ионизирующего излучения. В результате исследования буккального эпителия у горняков выявлено существенное снижение частоты встречаемости клеток без видимых нарушений, увеличение доли клеток с микроядрами, возрастание числа клеток с некротическими изменениями и более чем на порядок возрастание числа двуядерных клеток по сравнению с контролем. Такие резкие изменения в количестве двуядерных клеток по сравнению с контролем могут свидетельствовать о воздействии ионизирующего излучения на процесс цитокинеза, нарушение которого может приводить к появлению многоядерных клеток. Выявленные закономерности служат неблагоприятным прогностическим признаком и свидетельствует о высокой степени генотоксичности смешанных типов ионизирующего излучения в условиях горно-рудного производства [15, 16].

В Архангельской области исследования клеток буккального эпителия не проводятся, в доступной научной литературе мы не смогли найти подобную информацию. Исследования в области молекулярной генетики проводятся в Северном Государственном медицинском университете г. Архангельска.

В Ямало-Ненецком автономном округе изучение генотоксического влияния загрязнения окружающей среды на организм человека, проживающего в условиях Крайнего Севера, проводится с 2013 года. Ранее подобные исследования на территории округа не проводились.

Образцы буккального эпителия были собраны у коренных и пришлых жителей в следующих муниципальных районах: Тазовский, Надымский, Ямальский. Получены новые данные о влиянии малых доз кадмия на цитогенетические показатели эксфолиативных клеток. Кадмий относится к стойким токсическим веществам с канцерогенным и мутагенным действием, обладает высокой кумулятивной активностью. По степени канцерогенной опасности для человека в соответствии с классификацией Международного агентства по изучению рака (МАИР, 1982) кадмий входит в подгруппу 2А – «агент, вероятно, являющийся канцерогенным».

Исследование [1] показало, что малые дозы кадмия не оказывают цитогенетического воздействия на клетки буккального эпителия обследованного населения. Пролиферативная активность эксфолиативных клеток не

изменялась на фоне малых доз кадмия. Цитотоксические эффекты длительного воздействия малыми дозами кадмия проявлялись в повышении активности кариолизиса и перенуклеарной вакуализации, нарушении клеточного гомеостаза.

В работе «Цитогенетический статус коренного и пришлого населения в Ямало-Ненецком автономном округе» для оценки влияния загрязнения окружающей среды продуктами нефтегазового комплекса проведен сравнительный анализ с условно контрольной группой (г. Москва) [18]. Отмечены негативные изменения пока-

зателей цитогенетического статуса: повышение уровня цитогенетических нарушений при снижении показателей апоптоза.

Таким образом, цитогенетические методы изучения влияния загрязнения окружающей среды на уязвимые арктические экосистемы и здоровье населения используются редко. Микроядерный метод является одним из перспективных направлений при определении генотоксических факторов среды и позволяет получить ценную научную информацию о наличии токсических веществ в окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

- Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В. Характеристика генотоксических и цитотоксических эффектов малых доз кадмия. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (Медицинские науки)*. № 6. – 2015 г. – С. 427-431.
- Арутюнян Р.М., Туманян Э.Р., Ширинян Г.С. Анализ микроядер в слизистой ротовой полости для оценки цитогенетического эффекта загрязнителей среды. *Цитология и генетика*. – 1990. – Т. 24. – № 2. – С. 57-60.
- Белоусов М.В., Машкина О.С., Попов В.Н. Воздействие нитрата свинца на цитогенетические показатели сосны обыкновенной. *Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация*. – 2010. – № 2. – С. 61-66.
- Буторина А.К., Калаев В.Н., Карпова С.С. Цитогенетические эффекты антропогенного загрязнения у детей. *Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология*. – 2000. – № 2. – С. 91-93.
- Бывалец О.А. К вопросу о загрязнении окружающей среды на здоровье человека. *Вестник Челябинского университета. Образование и здравоохранение*. – 2014. – № 4 (333). – вып. 3. – С.33-37.
- Горячкина О.В., Сизых О.А. Цитогенетические реакции хвойных растений в антропогенно нарушенных районах г. Красноярска и его окрестностей./Хвойные бореальные зоны, XXX, № 1-2. – 2012. – С. 46-51.
- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Алексеев В.Б., Щербина С.Г. Цитогенетические маркеры и гигиенические критерии оценки хромосомных нарушений у населения и работников в условиях воздействия химических факторов с мутагенной активностью (на примере металлов, ароматических углеводородов, формальдегида). – Пермь: Книжный формат, 2013. – 222 С.
- Запрометов М.Н. Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях. – М; Наука, 1993.
- Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н. Бочаров Е.Ф. Цитогенетический гомеостаз и иммунитет. – Новосибирск: Наука, 1986. – 254 с.
- Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Некрасов В.Н. Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов. *Цитология и генетика*. – 1988. – Т. 22. – № 1. – С. 67-72.
- Ильинских Н.Н., Новицкий В.В., Ванчугова Н.Н., Ильинских И.Н. Микроядерный тест и цитогенетическая стабильность. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. – С. 272.
- Маусаров А.Р., Исаева Э.Л., Хлебцова Е.Б. Микроядерность – способ оценки генотоксического загрязнения окружающей среды. *Вестник медицинского института*. – Грозный. – 2015. – С.18-25.
- Нерсесян А.К. Чувствительность цитогенетических тестов *in vivo*, используемых при изучении канцерогенных для человека химических агентов. *Экспериментальная онкология*. – 1991. – Т.13. – №6. – С. 7-11.
- Нерсесян А.К., Зильфян В.Н., Кумкумаджян В.А., Нерсесян Ан.К. Анализ микроядер в слизистой ротовой полости онкологических больных для оценки кластогенного эффекта химиопрепаратов. *Цитология и генетика*. – 1993. – Т. 27. – № 1. – С. 77-80.
- Петрашова Д.А., Белишева Н.К., Пелевина И.И, Мельник Н.А., Зользер Ф. Генотоксические эффекты в буккальном эпителии горняков, работающих в условиях облучения природными источниками ионизирующего излучения. *Известия Самарского научного центра РАН*. – Т.13. – № 1 (7). – 2011. – С. 1792-1796.
- Петрашова Д.А., Пожарская В.В., Завадская Т.С., Белишева Н.К. Цитогенетические эффекты воздействия природных источников ионизирующего излучения на работников горно-рудного производства Мурманской области. *Вестник Уральской медицинской академической науки* №2. – 2014. – С. 40-42.
- Романова О.П., Бездробна Л.К. Спонтанная частота микроядер в лимфоцитах периферической крови жителей Киева. *Цитология и генетика*. – 2001. – Т. 35. – № 3. – С. 56-58.
- Шинкарук Е.В., Агбалян Е.В., Сычева Л.П. Цитогенетический статус коренного и пришлого населения в Ямало-Ненецком автономном округе. *Гигиена и санитария*. – 2016. – 95 (2). – С. 140-144.
- Anderson Van.A. Micronuclei induced by the internal beta irradiation from incorporated from phosphorous-32 in *Tradescantia pollen mother cells* Text. *Environ. Mutagen*. – 1981. – № 3. – P. 398-401.
- Babu K.A., Shah V.C., Lakhotia S.C. Effect of benzamide on mitosis and chromosomes in mammalian cells *in vitro*. *Indian J. Exp. Biol*. – 1980. V.18, № 4. – P. 329-333.
- Benz R.D. Cytogenetic toxicologic testing with dogs Text. R.D. Benz, P.A. Beltz. *Environ. Mutagen*. – 1980. – № 2. – P. 312-317.
- Gilani S.H., Alibhai Y. Teratogenicity of metals to chick embryos. *J. Toxicol. Environ. Health*. – 1990. – Vol. 30, №1. – P. 23-31.
- Hogstedt B., Gullberg B., Mitelman F., Skerving S. Micronuclei and chromosome aberrations in bone marrow cells of humans exposed mainly to petroleum vapors. *Hereditas*. – 1981. – Vol. 94, № 2. – P.179-187.
- Hoofman R.N. Induction of nuclear anomalies {micronuclei} in the peripheral blood erythrocytes of the eastern mudminnow *Umbra' pygmaea* by ethyl metanosulphanate. R.N. Hoofman, Raat de W.K. *Ibid*. – 1982. – 104. – № 1. – P. 147-153.
- Hose J. E. Cytogenetic and cytologic anomalies induced in purple sea urchin embryos by parental exposure to benzopyrene./Hose J.E., Puffer H.W. // *Mar. Biol. Lett*. – 1983. – Vol. 4, № 2. – P. 87-95.
- Huber R., Bauchinger M. Development and perspectives of the human lymphocytes micronucleus assay. *Advances in Mutagenesis Research*. Berlin: Springer-Verlag. – 1990. – P. 89-104.
- MacGregor J.T., J.A. Heddle, F. Hite et al. Guidelines for the conduct of micronucleus assays in mammalian bone marrow erythrocytes // *Mutat. Res. Genet.Toxicol. Test*. – 1987. – V. 189, № 2. – P. 103-112.



Nair U., Obe G., Nair J., Mara G.B. Evaluation of frequency of micronucleated oral mucosa cells as a marker for genotoxic damage in chewers of betel quid with or without tobacco. *Mutat.Res.* – 1991. – Vol. 261, №2 – P. 163-168.

Rosin M. The use of the micronucleus test on exfoliated cells to identify anti-clastogenic action in humans: a biological marker for the efficacy of chemopreventive agents. *Mutat.Res.* – 1992. – Vol. 287, №2. – P. 265-276.

Sarto F., Finotto S., Giacomelli L. [et al.]. The micronucleus assay in exfoliated cells of the human buccal mucosa. *Mutagenesis.* – 1987. – Vol. 2, №1. – P. 11-17.

Stich H.F., Acton A.b., Paicic B. Towards an automatized micronucleus assay as an internal dosimeter for carcinogen-exposed Human population groups. *Recent Results in Cancer Res.* – 1990. – Vol. 120, № 1. – P. 94-108.

Stich H.F., Rosin M.P. Micronuclei in exfoliated human cells as a tool for studies in cancer risk and cancer interventions. *Cancer Lett.* – 1984. – Vol. 22, № 3. – P. 241-253.

Stich H.F., Stich W., Parida B.B. Elevated frequency of micro nucleated cells in the buccal mucosa of individuals at high risk for oral cancer. *Cancer Lrtt.* – 1982. – Vol. 17, №2. – P. 125-134.

*E.V. Shinkaruk*

## PROSPECTS OF USING A MICRONUCLEAR TEST IN ENVIRONMENTAL STUDIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

---

*The analysis of scientific data in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation in the field of genotoxic effects of environmental pollution on people living in the Arctic was conducted. The search for scientific papers was carried out in PubMed and <http://www.sciencedirect.com> databases using the search strategy for the topics: micronucleus assays, micronucleus test and pollutants. In addition, a search was conducted using the data of the scientific electronic library <http://elibrary.ru>, <http://cyberleninka.ru>.*

**Keywords:** Yamal-Nenets Autonomous District, Arctic zone of the Russian Federation, environmental pollution, biomarkers, pollutants, micronuclei, buccal epithelium.

## КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОТЫ НА СЕВЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ФОРМЫ ЕЕ ОТОБРАЖЕНИЯ

*Исследуются количественные закономерности распределения и иерархии биотических таксонов на севере Тюменской области, в пределах Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов. Установлен характер их распределения по биоклиматическим комплексам. Найдены формулы климатической и иерархической зависимости количества таксонов.*

**Ключевые слова:** север Тюменской области, климат, индексы сухости и тепла, биота, таксоны.

### ВВЕДЕНИЕ

Север Тюменской области – это территория Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов протяженностью в меридиональном направлении более 1500 км. Она включает в себя восемь биоклиматических комплексов (БК) [3]: I – арктическая тундра, II – северная полоса субарктических типичных тундр, III – южная полоса субарктических типичных тундр, IV – субарктические кустарниковые тундры, V – лесотундра, VI – северная полоса северотаежной подзоны, VII – южная полоса северотаежной подзоны, VIII – средняя тайга. Эти названия и нумерация использованы на прилагаемых ниже схематических картах.

Качественные показатели биотического богатства и разнообразия севера Тюменской обл. рассмотрены в работах [2, 3, 8] и др. Эта статья посвящена их количественным закономерностям в части определения и оценки связей биоты и ее структуры с климатическими показателями, их распределения по природным комплексам и уровням ранжирования. Установленные взаимосвязи климатических и биотических показателей отображены не только на схематических картах, но и аналитически – таблицами, графиками, расчетными формулами. Картографическое представление более наглядно, зато аналитическое – точнее.

Климатические показатели взяты по данным метеостанций. Аппроксимации искомым зависимостей и их достоверность (коэффициент детерминации)  $R^2$  определялись по программе Excel.

### ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ИНДЕКСЫ, ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ

Важнейшими комплексными показателями климата являются: индекс сухости  $J = B/U r_r$  ( $B$  – годовой радиационный баланс, ккал/см<sup>2</sup>;  $U = 0,6$  ккал/см<sup>3</sup> – теплота испарения,  $r_r$  – годовая сумма осадков, см), соотносящий поступления в почву тепла и влаги [1], и индексы тепла и холода – суммы положительных  $\Sigma_{>0}$  и отрицательных  $\Sigma_{<0}$  температур воздуха, градусосутки (гс), ответственные за теплообмен у поверхности Земли. В агрономических исследованиях для определения соотношения между теплом и влагой также используется гидротермический коэффициент Селянинова, представляющий собой отношение сумм осадков ( $r_r$ , см) и температур воздуха (гс) за теплое время года  $K_o = r_r / \Sigma_{>0}$  [10].

Вообще, все элементы климата (ЭК), как единой системы, взаимосвязаны. Благодаря колебательному режиму функционирования климатическую систему можно представить совокупностью подсистем, состоящих из двух противоборствующих элементов  $j_1$  и  $j_2$ , сумма которых равна 1. Например, при анализе температуры воздуха за  $j_1$  можно принять относительную температуру самого холодного месяца, обычно января,  $j_1 = j_{t_1} = (0 - t_1) / 2A$ , а за  $j_2$  – относительную температуру самого теплого, обычно июля,  $j_2 = j_{t_7} = (t_7 - 0) / 2A$ , где  $t_1$  и  $t_7$  – среднемесячные температуры января и июля,  $2A = t_7 - t_1$  – амплитуда (размах) колебаний,  $0$  – температура на разделе теплого и холодного периодов года (в начале весны и осени), °С. Величина  $j_{t_1}$  изменяется от 1 в аркти-

ческой пустыне до 0,5 в области перехода среднегодовой температуры воздуха через 0 °С - примерно в подтайге, т.е. за пределами рассматриваемой территории, а  $j_{17}$  – от 0 в арктической пустыне до 0,5 в подтаежной зоне; в северной фитосфере  $j_{11} \approx 0,5$ . В виде холодно-теплых дихотомий, суммы элементов которых равны 1, можно представить также продолжительности теплого и холодного периодов года; осадки за теплый и холодный периоды и др. В качественном плане эти относительные климатические оппозиции ведут себя примерно одинаково: монотонно изменяются в пространстве между 0 и 1 и хорошо коррелируют друг с другом и с размерными ЭК [6]. Ранее опубликованы графики взаимосвязей основных ЭК и их аппроксимации [5-6].

В зависимости от величины  $J$  фитосфера делится на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними лежит в области, где  $J \approx 0,95 \dots 1,2$  (в среднем около 1). Автономные округа находятся в северной фитосфере, характеризующейся возрастанием обилия и разнообразия биоты с севера на юг.

Территория округов – область многолетнего (в ЯНАО) и сезонного (в ХМАО) промерзания грунта. В тундре и лесотундре многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение, их мощность увеличивается от 250-300 м на широте полярного круга до 500-550 м на 70° с.ш. Южная граница сплошной многолетней мерзлоты примерно совпадает с изолинией  $\Sigma_{>0} = 1200$  гс. Глубина сезонного оттаивания увеличивается с севера на юг, от 1 до 2,7 м у песчаных грунтов, и от 0,2 до 0,5 – у торфяных. В теплое время года подошва оттаивающего слоя служит водоупором, вызывающим его переувлажнение оттаива-

ющего слоя. Таяние мерзлоты и недостаточное испарение способствуют заболачиванию территории и развитию здесь специфического озерно-болотного ландшафта с преобладанием травянистой растительности.

В пределах холодной фитосферы изменение климатических показателей в течение теплого периода года, в частности суммы положительных температур, подобно их пространственному изменению в направлении с севера на юг. Влажность почвы здесь избыточна, поэтому биота зависит в основном от атмосферного тепла, опосредованного величиной  $\Sigma_{>0}$ . Чем выше  $\Sigma_{>0}$ , тем через большее количество природных зон, находящихся севернее, начиная с арктической пустыни, где  $\Sigma_{>0}$  близка к 0, дважды (туда к середине лета и обратно к началу зимы) «пробегают» данное географическое место в течение теплого периода года и тем обильнее и разнообразнее его биота. Индекс тепла, как время или пройденный путь, – кумулятивная (накопительная) величина, изменяющаяся только в сторону увеличения.

### КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

В табл. 1 показана климатическая зависимость количества видов (В), родов (Р), семейств (С), порядков (П), классов (К) и отделов (Од) травянистых и деревянистых (деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички и полукустарнички) растений в арктической, субарктической и южной тундре – 1, 2, 3, в лесотундре – 4, в северной тайге – 5, по В.А. Глазунову [5], а также в средней тайге – 6, рассчитанные по экстраполяции.

Табл. 1

Номера подзон, индексы тепла ( $\Sigma_{>0}$ ) и численность таксонов сосудистых растений на севере Тюменской области

№	$\Sigma_{>0}$ , гс	Все растения ( $N_p$ )						Травянистые (Тр)			Деревянистые (Д)		
		В	Р	С	П	К	Од	В	Р	С	В	Р	С
1	320	167	74	31	28	4	3	148	67	25	14	7	6
2	480	339	134	46	38	5	4	301	115	34	38	19	12
3	610	358	145	52	41	6	5	311	121	38	47	24	14
4	1010	400	177	57	45	7	5	343	150	42	57	27	15
5	1400	447	221	66	55	8	6	381	186	53	58	28	15
6	1850	480	264	77	64	9	7	421	226	62	59	28	15

Зональное распределение таксонов животных разного иерархического уровня – видов (В), родов (Р), семейств (С), отрядов (О) и классов (К) в Тюменской области исследовал С.Н. Гашев. Его данные по их клима-

тической зависимости опубликованы в [2, 4].

На рис. 1 показаны графики зависимости количества разных таксонов растений ( $N_p$ ) и животных ( $N_{ж}$ ) от индекса тепла ( $\Sigma_{>0}$ ), построенные по данным этих авторов.

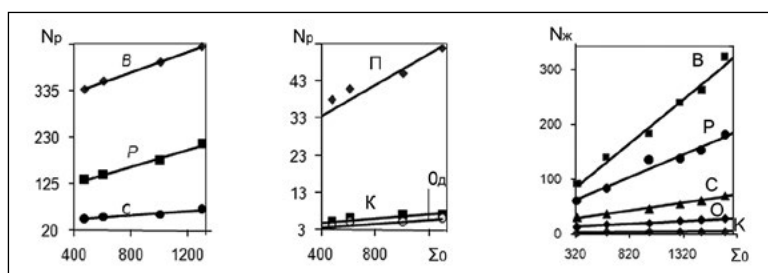


Рис. 1. Графики зависимости  $N_{ж}$  и  $N_p$  от  $\Sigma_{>0}$  для разных таксонов (буквенные обозначения таксонов – в тексте)

Другие показатели биоты, в частности продуктивность (годовая первичная продукция)  $Pr$ , т/га – год) и биомасса растительного покрова  $Bm$ , т/га [6-8], также зависят от климата через посредство  $\Sigma_{>0}$  – табл. 2.

Табл. 2

**Номера подзон (по табл.1), индексы тепла ( $\Sigma_{>0}$ ), продуктивность ( $Pr$ , т/га-год) и биомасса ( $Bm$ , т/га) растительности, а также отношение  $Bm/Pr= Vc$  (год) на севере Тюменской области**

№	1	2	3	4	5	6
$\Sigma_{>0}$	320	480	610	1010	1400	1850
$Pr$	1,9	2,9	3,7	6,1	8,4	11,1
$Bm$	39,7	89,2	118,4	180	210	314,5
$Vc$	21	31	32	30	26	30

Примерное постоянство биомассы на больших промежутках времени при ежегодном ее продуцировании означает, что примерно такое же количество продукции ежегодно отмирает. В нижней строке табл. 2 дана величина отношения  $Bm/Pr= Vc$  (год) – назовем его фитоциклом, которая характеризует продолжительность полного обновления биомассы. Эта величина мало зависит от климата. В среднем для северной фитосферы  $Vc \approx 28$  лет, что довольно близко к климатическому циклу Хейли, связанному с колебаниями солнечной активности периодом 22...23 года.

Анализ таблиц и графиков зависимости биотических показателей от индекса тепла показал, что: а) начиная с уровня классов количество таксонов перестает зависеть от климата, становится примерно постоянным, одинаковым во всех БК; б) общая формула зависимости параметров биоты от  $\Sigma_{>0}$  практически линейна:

$$Y=A\Sigma_{>0}+B \quad (1)$$

где  $Y$  – общее обозначение биотических параметров,  $A$  и  $B$  – численные коэффициенты, найденные с помощью программы Excel и сведенные в таблицу 3.

Табл. 3

**Постоянные в формуле (1) для основных параметров групп биоты (ГБ) по табл. 2: количества таксонов млекопитающих (М), птиц (Пт), всех животных  $N_{ж}=M + Pt$ , деревянистых (Д) и травянистых (Тр) растений, всей растительности ( $N_p$ ), продуктивности  $Pr$  и биомассы  $Bm$  растений, а также значения  $R^2$**

ГБ	Таксоны	A	B	R2	ГБ	Таксоны	A	B	R2
М	виды	0,125	53,1	0,92	Д	виды	0,0024	55	0,88
	роды	0,063	34,9	0,93		роды	0,001	26	0,87
	сем-ства	0,02	16,1	0,94		сем-ства	0,0003	14,3	0,73
	отряды	0,008	5,8	0,9		виды	0,09	255	0,99
Пт	виды	0,031	10,3	0,98	Тр	роды	0,09	60	0,97
	роды	0,017	10,1	0,95		сем-ства	0,02	25	0,94
	сем-ства	0,006	6,8	0,96		виды	0,115	285	0,98
	отряды	0,001	4,5	0,80		роды	0,096	86,3	0,94
$N_{ж}$	виды	0,176	49,8	0,98	$N_p$	сем-ства	0,022	36,4	0,91
	роды	0,091	37,2	0,98		порядки	0,021	25,4	0,9
	сем-ства	0,029	21	0,98		классы	0,003	3,6	0,86
	отряды	0,01	9,2	0,99		отделы	0,0026	2,7	0,84
$Pr$	–	0,006	0	0,98		$Bm$	–	0,17	0

Табл.1-3 и формула (1) позволяют определить количество биотических таксонов непосредственно по величине  $\Sigma_{>0}$ .

На рис. 2а, б даны графики зависимости количества родов  $N_2$ , семейств  $N_3$  и отрядов (порядков)  $N_4$  биоты от количества видов  $N_1$ . Из них видно, что количество каждого таксона зависит от климата, увеличиваясь с севера на юг. А вот их отношение к количеству видов –

постоянная величина, не зависящая от климата (т.е. во всех природных комплексах  $N_{p2}/N_{p1}=0,44$ ;  $N_{ж2}/N_{ж1}=0,58$  и т.п.). Поэтому, зная количество видов, по формулам на рис 3а, б можно рассчитать и количество других таксонов (родов, семейств и т. д).

Рис. 2 в отражает устойчивую линейную связь таксонов флоры и фауны, также инвариантную климату.

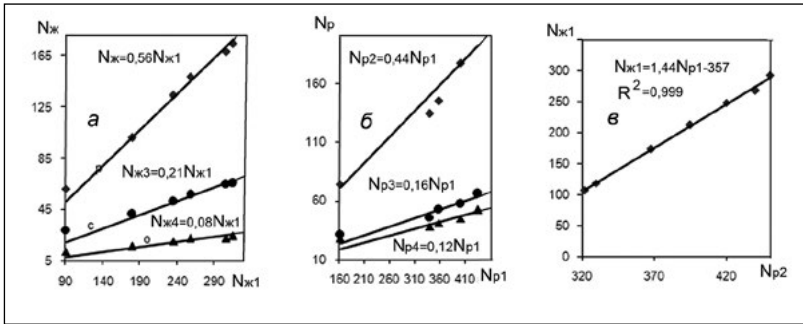


Рис. 2. Зависимость  $N_{ж2} - N_{ж4}$  от  $N_{ж1}$  и  $N_{р2} - N_{р4}$  от  $N_{р1}$  (а, б), а также  $N_{ж1}$  от  $N_{р1}$  (в)

На рис. 3-8 приведены схематические карты био-климатического районирования рассматриваемой тер-

ритории и распределения наиболее значимых для биоты ЭК (рис. 3-5) и ее видового богатства (рис. 6-8)

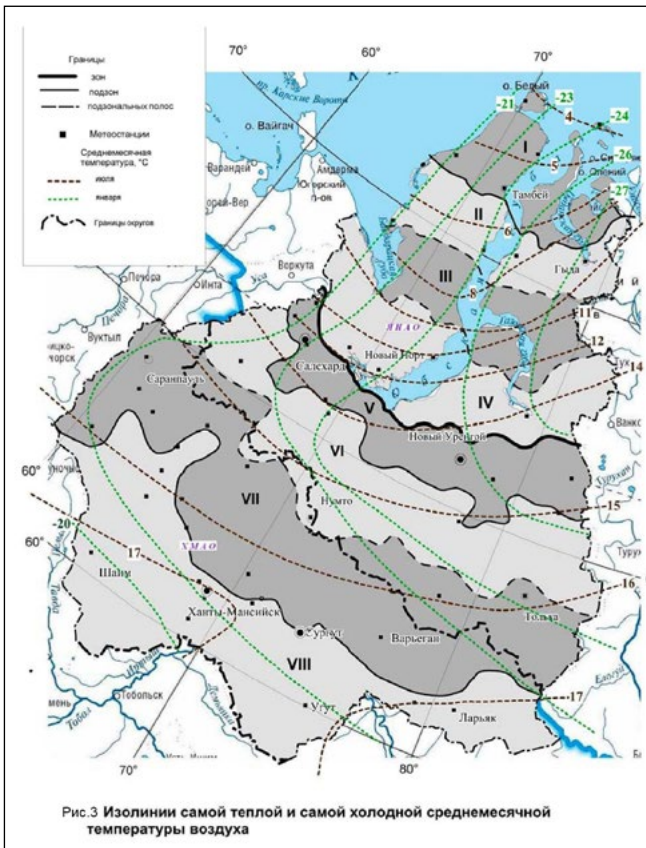


Рис. 3

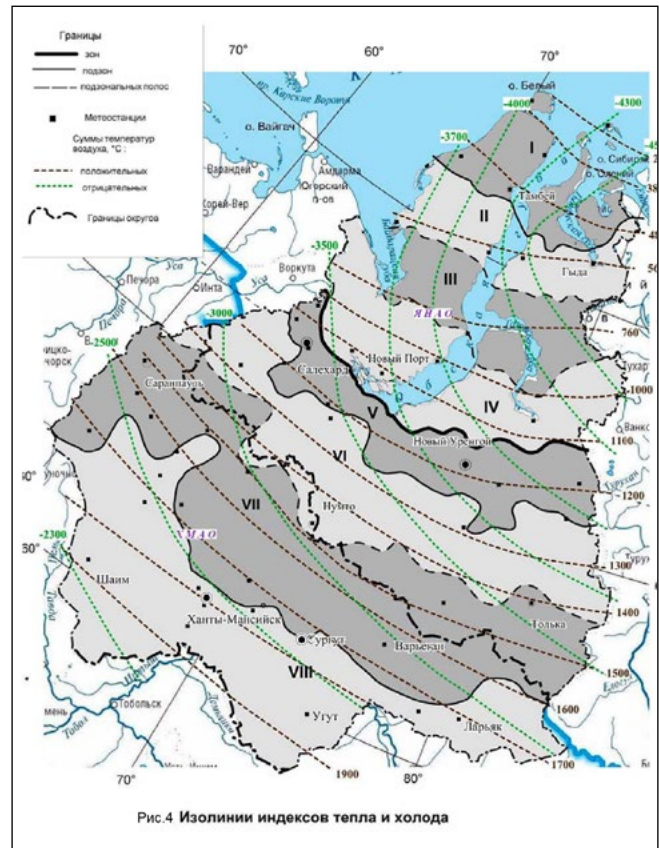


Рис. 4

Анализ существующих схем районирования Западной Сибири показывает, что распределение ЭК довольно существенно отклоняется от широтной зональности, особенно на севере, где изолинии летних температур направлены, скорее, с запада на восток, чем с юга на север, причем градиенты вдоль меридиана зачастую больше, чем вдоль широты (см. рис.4). Сказывается потенциал давления между Исландским минимумом и Якутским максимумом, управляющий здесь потоками тепла и влаги, их направлением и интенсивностью. Из-за этого на востоке региона климат холоднее и суше, чем на западе. Например, в Салехарде среднегодовая температура воздуха  $t_c = -6,4$  °C, средняя июльская  $t_7 = 13,8$  °C, годовая сумма осадков

$r = 418$  мм, индекс тепла  $\Sigma_{>0} = 1114$  гс, а в Тазовском, лежащем на той же широте, но восточнее  $t_c = -9,4$  °C,  $t_7 = 13,4$  °C,  $r = 394$  мм,  $\Sigma_{>0} = 1029$  гс. В то же время продолжительность солнечного сияния летом на востоке больше: в июле в Тазовском 320, а в Салехарде – 300 часов. Из-за такой климатической асимметрии большое значение для точности расчетов приобретает возможность определения биотических показателей непосредственно по климатическим характеристикам, например, по индексу тепла  $\Sigma_{>0}$ .

Итоговым результатом работы является табл. 4, в которой приведены средние значения климатических и биотических показателей в каждом выделенном биоклиматическом комплексе.

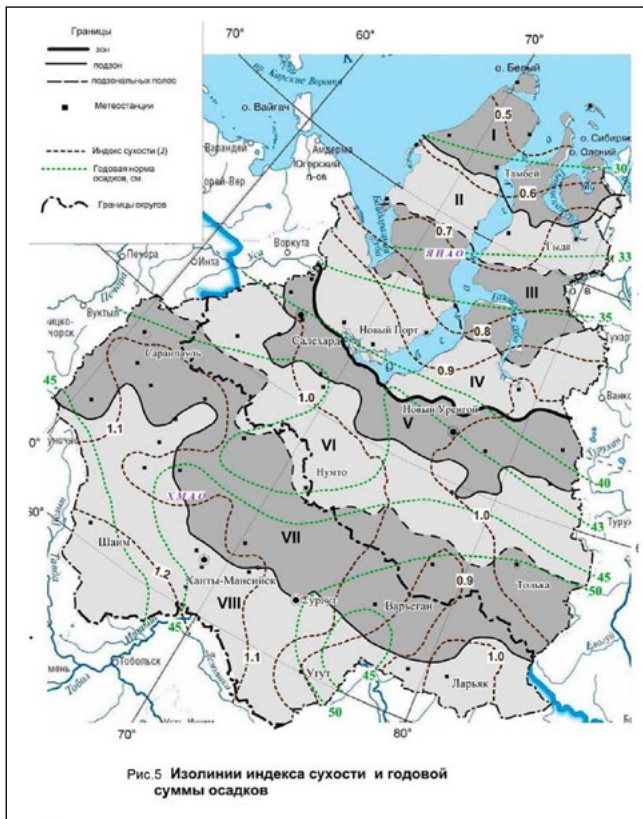


Рис. 5

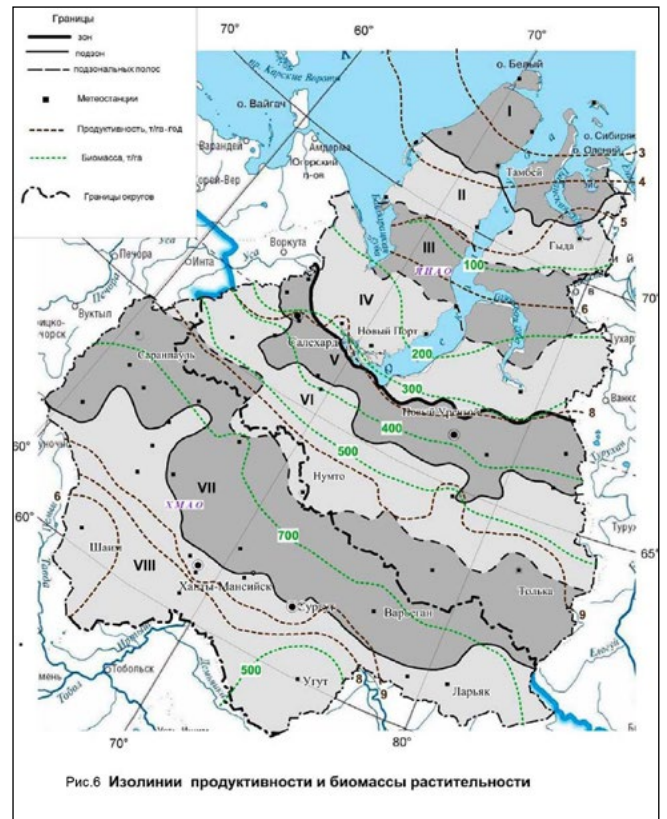


Рис. 6

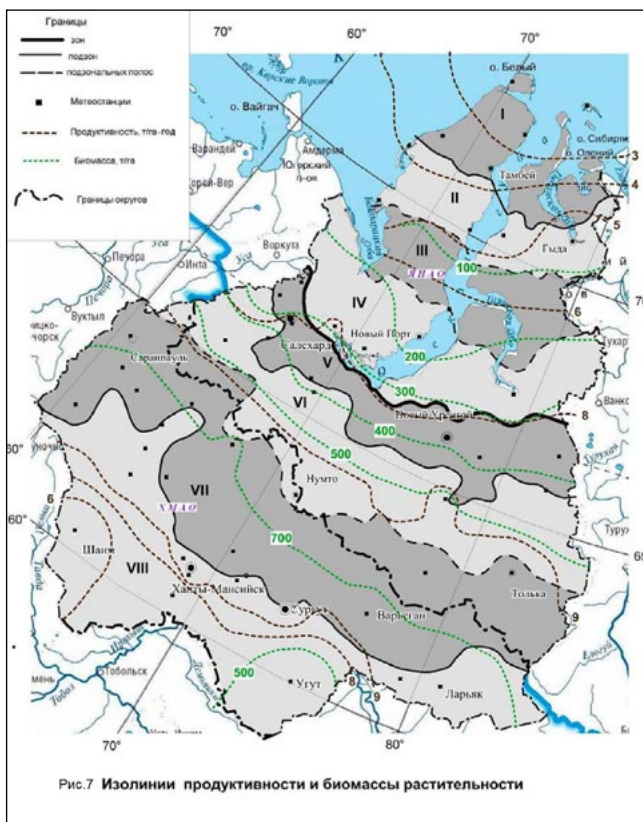


Рис. 7

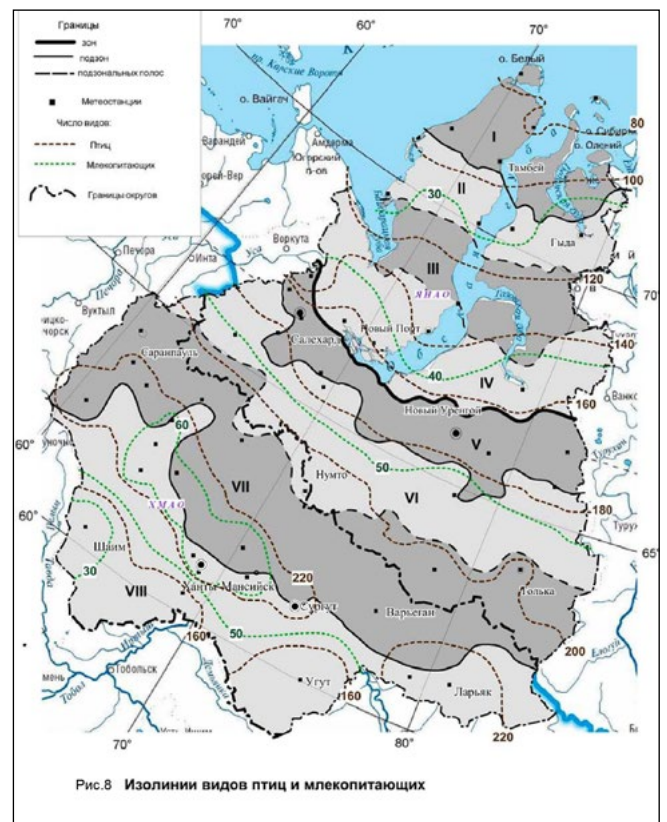


Рис. 8

Средние значения климатических и биотических показателей

БК	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
J	0,45	0,5	0,6	0,7	0,75	0,81	0,88	0,98
$\Sigma^{\circ}$	340	560	760	1060	1200	1350	1600	1850
Pr	2,1	3,4	4,6	6,4	7,3	8,3	9,6	11
Bm	58	96	130	181	205	231	274	316
N <sub>p</sub>	324	349	372	407	423	440	469	498
N <sub>д</sub>	38	44	49	57	60	63	70	76
N <sub>мл</sub>	21	28	34	43	48	52	60	68
N <sub>пт</sub>	96	123	148	186	203	222	253	283

Таблица демонстрирует устойчивое увеличение определяющих климатических и биотических показателей региона с севера на юг.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными климатическими показателями, определяющими богатство и разнообразие биоты, являются индексы тепла и сухости. Количество биотических

таксонов в пределах севера Тюменской области увеличивается с севера на юг вслед за увеличением этих показателей. В то же время отношение количества родов, видов, семейств, отрядов (порядков) к количеству видов остается постоянным. Количество видов флоры и фауны устойчиво увязано друг с другом, а их отношение также инвариантно климату.

ЛИТЕРАТУРА

---

Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 400 с.

Гашев С.Н. Млекопитающие Тюменской области: справочник-определитель. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. – 333 с.

Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1985. – 250 с., 1, с. 21-34.

Коновалов А.А., Гашев С.Н., Казанцева М.Н. Распределение и иерархия биотических таксонов на территории Тюменской области // Аграрная Россия. – 2013, 4. – С. 48-57.

Коновалов А.А., Глазунов В.А., Московченко Д.В., Тигеев А.А., Гашев С.Н. О климатической зависимости биоты на севере Тюменской области. Материалы III Всероссийского совещания «Человек и Север». – Тюмень: Изд-во ИПСО СО РАН, 2015. – С. 333-338.

Коновалов А.А., Иванов С.Н. Реконструкция истории климата по групповым палиноспектрам на примере Западной Сибири. Saarbrücken, Germany. Palmarium academic publishing. – 2012. – 119 с.

Научно-прикладной справочник «Климат России, 2011» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: aiΣori.meteo.ru/CIΣpR (дата обращения 20.04.2014).

Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 312 с.

Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометиздат, вып.17, ч. I и II, 1965-1966. – 276 с.

Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометиздат, 1974. – 268 с.

A.A. Konovalov, D.V. Moskovchenko, A.A. Tigeev

## CLIMATIC DEPENDENCE OF BIOTA IN THE NORTH OF THE TYUMEN REGION AND THE FORMS OF ITS MAPPING

---

*Quantitative regularities of distribution and hierarchy of biotic taxa in the north of the Tyumen region within the Yamal-Nenets Autonomous District and Khanty-Mansi Autonomous District are investigated. The nature of their distribution over bioclimatic complexes is determined. The formulas for the climatic and hierarchical dependence of the number of taxa are found.*

**Keywords:** the north of the Tyumen region, climate, indices of dryness and heat, biota, taxa.



## ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

С использованием эпидемиологических, антропометрических, биохимических и специальных методов исследований получены данные о фактическом питании и пищевом статусе населения в целом Европейской и Азиатской части Арктической зоны (АЗ) РФ, а также п. Харп, с. Аксарка и Белоярск Приуральского района ЯНАО, п. Тазовский и п. Гыда Тазовского района ЯНАО.

**Ключевые слова:** питание, пищевой статус, витамины, коренное и пришлое население, генетические факторы, ЯНАО.

### ФАКТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ

#### **Фактическое питание населения Азиатской и Европейской части Арктики**

Проведенный анализ свидетельствует, что значительная доля населения АЗ потребляет экстремальные количества энергии и пищевых веществ, являющихся факторами риска алиментарно-зависимых (неинфекционных) заболеваний.

Рацион питания мужчин Азиатской части Арктики характеризуется более высоким содержанием белка (16,2% энергии), но более низким – энергии и жира (35,9% энергии), чем рацион мужчин Европейской части Арктики (белка 14,9% и жира 38,3% энергии соответственно).

Потребление насыщенных жирных кислот (НЖК) населением АЗ значительно превышает рекомендуемые нормы (более 10% от суточной энергии). Более 50% мужчин и около 30% женщин АЗ потребляют свыше 300 мг холестерина в сутки.

Добавленный сахар в количествах, превышающих 10% суточной калорийности рациона, потребляют 62,7% мужчин Азиатской части АЗ и 52,6% – Европейской. Потребление соли более 5 г/сутки выявлено у 90% мужчин и 70% женщин АЗ.

#### **Фактическое питание населения различных населенных пунктов АЗ**

Фактическое питания населения различных населенных пунктов существенно различается. Так, рацион жителей Харпа характеризуется выраженной белково-жировой направленностью (15,4% белка и 34,4% жира от общей калорийности).

Соотношение основных пищевых веществ по калорийности в рационе жителей Белоярска наиболее сба-

лансировано: белок – 13,7 %, жиры – 29,6 %, углеводы – 56,1 %. При этом доля алкоголя в общей калорийности рациона в Белоярске составляет лишь 0,6 %, тогда как в Харпе – 2,4 %.

В поселках Тазовский и Гыда белок составляет 16,9 % и 17,6 % калорийности рациона, добавленный сахар – 15,9 % и 14,3 %, а НЖК – 11,5% и 12,3 %.

Потребление энергии за счет молочных и мясных продуктов, бобовых и фруктов существенно выше в Харпе, а за счет рыбы, картофеля и овощей – в Аксарке.

За счет рыбы потребление белка преобладает в Аксарке (где расположен рыбоперерабатывающий комбинат), а за счет мясopодуlктов – в Харпе. Питание жителей Белоярска характеризуется более низким уровнем потребления картофеля, овощей, фруктов и молочных продуктов.

Из Приуральского района ЯНАО потребление витаминов А, В<sub>2</sub>, железа и кальция выше в Харпе. Для жителей с. Белоярск характерен минимальный вклад молочных продуктов в потребление витамина В<sub>2</sub> и Са в силу низкого уровня их потребления, тогда как в Харпе и Аксарке преобладает потребление витамина В<sub>2</sub> и Са за счет молочных продуктов.

#### **Фактическое питание коренного и пришлого населения АЗ**

Как видно из таблицы 1, по сравнению с показателями пришлого населения у коренных представителей АЗ была выявлена достоверно более высокая калорийность рациона ( $p < 0,01$ ), в основном за счет большего содержания в нем белка (18,3% по калорийности против 13,3 %,  $p < 0,01$ ).

Химический состав и энергетическая ценность рациона коренного и пришлого населения Арктической зоны (М + m)

Показатели	Группы обследованных					
	Коренное население (ненцы)		Пришлого население		Все обследованные	
	М	m	М	m	М	m
Энергетическая ценность, ккал	1954,1	91,7	1861,9	133,8**	1933,4	77,1
Белок, г	87,3	4,4	61,2	4,9**	81,4	3,6
% по калорийности	18,3	0,5	13,3	0,7**	17,2	0,5
Жир, г	64,9	3,0	69,8	6,0	66,0	2,7
% по калорийности	30,3	0,7	33,2	1,6	31,0	0,7
НЖК, г	24,4	1,2	28,7	3,2	25,3	1,2
% по калорийности	11,5	0,4	13,0	0,9	11,9	0,3
Холестерин, мг	378,4	27,5	346,4	54,4	371,2	24,5
Углеводы, г	250,6	15,9	245,4	20,4	249,4	13,1
% по калорийности	50,7	1,0	53,0	1,9	51,2	0,9
Моно- и дисахариды, г	108,5	9,3	139,1	12,9	115,4	7,8
% по калорийности	21,6	0,9	30,1	1,8***	23,5	0,8
Сахар добавленный, г	73,0	7,7	86,2	10,2	76,0	6,4
% по калорийности	14,3	0,8	18,5	1,7*	15,2	0,7
Полисахариды, г	142,1	8,2	106,2	10,1*	134,0	6,8
% по калорийности	29,1	0,08	22,9	1,4***	27,7	0,7
ПВ, г	18,8	1,2	19,4	1,6	18,9	1,0
Добавленная соль, г	11,7	0,7	7,2	0,7***	10,7	0,6
Этанол, г	2,9	1,9	1,3	0,7	2,5	1,4
% по калорийности	0,7	0,4	0,6	0,4	0,7	0,3
Витамин А, мг	655,8	145,0	1388,9	556,4	820,5	168,7
Каротин, мг	2480,0	237,0	2571,5	405,8	2500,6	204,6
Ретинол экв.	1069,0	147,3	1815,4	559,2	1236,8	170,4
Витамин В <sub>1</sub> , мг	1,2	0,1	1,1	0,2	1,2	0,1
Витамин В <sub>2</sub> , мг	1,5	0,1	1,5	0,2	1,5	0,1
Ниацин, мг	13,0	0,7	11,7	1,1	12,7	0,6
Витамин С, мг	38,8	3,7	82,6	10,5***	48,6	3,9
Натрий, мг	3448,2	207,5	2509,1	182,9**	3237,1	168,4
Калий, мг	2204,1	102,4	2428,1	153,3	2254,4	86,6
Кальций, мг	491,6	42,7	658,8	53,4*	529,2	35,5
Фосфор, мг	1202,9	60,7	1024,0	68,2	1162,7	49,8
Кальций/фосфор	1:2,5		1:1,5		1:2	
Железо, мг	16,7	0,8	17,8	2,1	16,9	0,8
Магний, мг	277,4	13,7	283,8	18,4	278,9	11,4

**Примечание:** достоверность различий между коренным (ненцы) и пришлым населением. \* - при  $p < 0,05$ , \*\* - при  $p < 0,01$ , \*\*\* - при  $p < 0,001$ .

Содержание жира в рационе коренного населения было практически приближено к рекомендуемым величинам (30% по калорийности, НЖК – 11%), а у пришлого – превышало их (соответственно 33,2% и 13,0%). Однако различия по количеству общего и насыщенного жира в рационе лиц обеих групп были недостоверны.

В рационе коренных жителей Арктики процентное содержание моно- и дисахаров, а также добав-

ленного сахара было значительно меньше (соответственно, 21,6% и 14,3%) по сравнению с пришлым населением (30,1%,  $p < 0,001$ , и 18,5%,  $p < 0,05$ ). В то же время содержание полисахаридов (за счет крахмала) в рационе ненцев было почти на 35 г больше ( $p < 0,001$ ).

Наряду с этим коренное население Крайнего Севера по сравнению с пришлым достоверно меньше потребля-

ло витамина С (практически в 2 раза,  $p < 0,001$ ) и кальция (в 1,5 раза,  $p < 0,05$ ), но больше – натрия ( $p < 0,01$ ) и добавленной поваренной соли ( $p < 0,001$ ).

Выявленные различия в химическом составе рациона связаны с различным профилем потребления продуктов. Коренные жители АЗ потребляют достоверно больше хлебобулочных изделий ( $p < 0,01$ ), мяса, птицы и мясopодуков ( $p < 0,05$ ), рыбы и рыбopодуков ( $p < 0,01$ ), и меньше – молочных продуктов ( $p < 0,05$ ), овощей и грибов ( $p < 0,05$ ), фруктов, ягод, сухофруктов и соков ( $p < 0,05$ ).

Более высокое содержание белка в рационе коренных жителей АЗ по сравнению с пришлыми обеспечивается в 2 раза большим потреблением ими натурального мяса за счет таких видов, как говядина, оленина (в том числе и кровь оленя). Меньшее потребление молочных продуктов – объясняет достоверно более низкое содержание в их рационе кальция и неблагоприятное соотношение Ca : P – 1 : 2,5 (норма – 1 : 0,8), а овощей, фруктов, сухофруктов и ягод – витамина С.

### АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЗРОСЛОГО И ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ АЗ

#### Антропометрические показатели детей

Оценка физического развития детей заключается в расчете числа стандартных отклонений или сигм, на которое исследуемый показатель массы тела или роста отличается от медианы стандартной популяции. Эту величину принято называть Z-скором. Ею характеризуют: а) массу тела для возраста, б) длину тела для возраста и в) массу для длины тела.

Антропометрические измерения массы тела и роста проведены у 169 детей: в Харпе (55 детей), Аксарке (48 детей) и Белоярске (66 детей).

У детей коренной национальности, проживающих в Аксарке и Белоярске, отмечалось отставание роста и массы тела по отношению к стандартной популяции. Однако масса тела детей соответствовала росту. Это свидетельствует о пропорциональном развитии детей коренных национальностей всех возрастов.

В то же время для детей пришлого населения (п. Харп) характерно отсутствие экстремально низких антропометрических данных, но характерна высокая распространенность избыточной массы тела и ожирения.

#### Антропометрические показатели взрослого населения

Анализ результатов исследований пищевого статуса свидетельствует о наличии у 62,7 % жителей АЗ избыточной массы тела (34,5 %) и ожирения (28,2 %), распространенность которых выше, чем в среднем по стране (57,3 %, из них ожирения – 25,0 %).

Известно, что наличие избыточной массы тела и ожирения в основном выявляется у жителей Крайнего Севера западного полушария. Распространенность ожирения среди взрослого коренного населения Аляски составляет 39,4 %-47,1 %, а американцев европейского происхождения – 24,3 %. У жителей АЗ России распространенность ожирения (28,2 %) значительно ниже, чем на Аляске.

Среди обследованных АЗ коренные жители имели более низкий ИМТ (27,2 кг/м<sup>2</sup>), чем пришлое население (28,8 кг/м<sup>2</sup>), меньшие окружности талии и бедер, величину жировой (в том числе висцерального жира), тощей и костной массы, обмен в состоянии покоя.

#### Обеспеченность витаминами населения АЗ

Объективным методом определения обеспеченности витаминами населения является определение витаминного статуса по содержанию витаминов в крови.

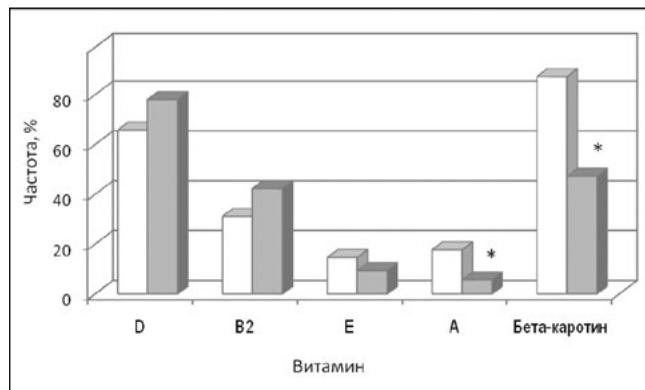


Рис. 1. Частота (%) выявления недостатка витаминов у пришлого и коренного населения (на рисунке обозначена соответственно столбиками белого и серого цвета) \* – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ )

Как видно из рисунка, наиболее выраженным у обследованных жителей АЗ был недостаток витамина D. Концентрация в сыворотке крови транспортной формы витамина D – 25 (ОН)D у 69 % лиц не достигала нижней границы нормы (30 нг/мл).

Пришлое население обеспечено этим витамином хуже (на 18,3 %,  $p < 0,05$ ). У жителей Гыды (оленовдов и рыболовов) содержание в сыворотке крови 25(ОН)D было выше на 73 % ( $p < 0,05$ ), а недостаток этого витамина отмечался в 2,4 раза реже ( $p < 0,05$ ), чем у населения Тазовского, что связано с их приверженностью к продуктам с высоким содержанием витамина D (например, холодноводной рыбы жирных сортов). Так, потребление 100 г муксуна, омуля, ряпушки и других видов рыб обеспечивает поступление 7-12 мкг витамина D, что примерно соответствует рекомендуемой суточной норме (10 мкг).

Относительно хорошо обеспечены как мужчины, так и женщины АЗ витамином В<sub>2</sub>: его недостаток выявлен у 34 % всех обследованных, а среднее содержание в сыворотке крови находилось в границах нормы. Это отражает адекватное поступление микронутриента с традиционным питанием населения Севера, которое включает оленину, продукты охотничьего промысла – птицы (например, белой куропатки и др.). Содержание витамина В<sub>2</sub> в оленине в 3-4 раза выше, чем в говядине, свинине, баранине, и 100 г продукта обеспечивает поступление около 40 % суточной нормы рибофлавина.

Недостаток витамина А отмечен у 15 % обследуемых: у 18 % коренного населения и достоверно в 3 раза реже – у пришлого. Адекватная обеспеченность витамином А

пришлого населения, по-видимому, связана с традиционным включением в их рацион овощей и фруктов, в основном в консервированном виде (овощная икра, кетчупы, фруктовые компоты), содержащих каротиноиды – природные источники провитамина А.

У пришлого населения средняя концентрация бета-каротина в крови была в норме, а его недостаточность выявлялась примерно в 2 раза реже, чем у коренных жителей (у 87% лиц).

Обеспеченность всех обследованных лиц витамином Е была удовлетворительной. Сниженная концентрация токоферолов в крови отмечалась в 2 раза чаще ( $p < 0,05$ ) у мужчин, чем у женщин. У жителей Гыды уровень токоферолов был статистически значимо в 1,3 раза ниже, а недостаток витамина Е выявлялся в 2,2 раза чаще ( $p < 0,05$ ), чем среди населения Тазовского.

Таким образом, коренное население было лучше обеспечено витаминами D и B<sub>2</sub>, а пришлое – витамином А и каротином. У населения Гыды при относительно хорошей обеспеченности витамином D отмечалась недостаточность витаминов А, Е и каротиноидов.

В целом всеми четырьмя изученными витаминами и бета-каротином были обеспечены лишь 2,4 % обследованных.

Частота обнаружения недостатка одного-двух витаминов составила 62,2 %, полигиповитаминозные состояния (недостаток 3 и более витаминов) выявлялись у 35,4 %. Статистически значимых различий встречаемости сочетанных дефицитов среди коренного и пришлого населения не обнаружено (рис. 1).

#### **Генетическая предрасположенность к алиментарно-зависимым заболеваниям у населения АЗ**

Результаты обследований жителей Ямало-Ненецкого автономного округа Российской Федерации выявили наличие ряда генетических особенностей по сравнению с жителями центральной части России.

При изучении полиморфизма rs9939609 гена связи с жировой массой и ожирением (FTO) частота встречаемости мутантного аллеля А у населения Ямало-Ненецкого автономного округа оказалась ниже на 15%, чем у населения центральных регионов России, американцев европейского происхождения и европейцев, но выше на 18-20%, чем у жителей Аляски, и не связано с риском ожирения. Частота встречаемости аллеля А у коренного населения достоверно ниже, чем у пришлого: OR=1,74 (1,00-3,02),  $p=0,048$  (табл. 2).

Табл. 2

**Частота аллелей полиморфизмов rs9939609 гена FTO, rs659366 гена UCP2 и rs228570 гена VDR у обследованных АЗ**

	Частота аллелей (%) полиморфизмов генов					
	rs9939609 гена FTO		rs659366 гена UCP2		rs228570 гена VDR	
	T	A	C	T	T	C
Все обследованные	69,2	30,8	59,1	40,9	33,2	66,8
Мужчины	70,0	30,0	63,7	36,3	24,4	75,6
Женщины	68,9	31,1	57,7	42,3	35,7	64,3
Коренное население	71,5	28,5	56,8	43,2	28,9	71,1
Пришлого население	59,1	40,9	66,1	33,9	50	50

Не выявлено значительных отличий в частоте встречаемости аллеля Т риска ожирения и диабета типа 2 полиморфизма rs659366 гена разобщающего белка 2 (UCP2), который кодирует синтез белка, являющегося ключевым регулятором энергетического баланса, у жителей АЗ и центральных регионов России и европейских популяций, где эта величина составляет 38-40 % (табл. 2). В то же время отмечена более высокая (на 9,3 %) частота встречаемости аллеля Т у коренного населения по сравнению с пришлым.

Положительная связь аллеля Т полиморфизма rs659366 гена UCP2 с риском развития ожирения как в группе обследованных, проживающих в арктической зоне, так и отдельно среди коренного населения этого региона и ненецкого населения не достигала статистической значимости: OR = 1,42; CI (0,88-2,30) при  $p=0,15$ , OR = 1,38; CI (0,80-2,38) при  $p=0,24$  и OR=1,45; CI (0,68-3,10) при  $p=0,33$ , соответственно.

Результаты исследования полиморфизма rs228570 гена рецептора витамина D (VDR) показали наличие генетических особенностей у жителей АЗ по сравнению

с жителями европейских областей РФ. Частота встречаемости мутантного аллеля С составила 66,8 (табл. 2).

Выявление мутантного аллеля С у пришлых жителей АЗ (50,0 %) отмечалось на 21,1% реже, чем у коренного: OR = 2,46; CI (1,44-4,18),  $p=0,0007$ , и было аналогично таковому у русского населения Европейской части РФ (42,2 %), Республики Коми (47,7 %), в европейских популяциях (47,5 %).

Анализ результатов генотипирования выявил статистически значимую связь между дефицитом витамина D и аллелем С полиморфизма rs228570 гена VDR только у коренного населения Ямало-Ненецкого АО РФ: OR = 2,32; CI (1,27-4,23),  $p=0,005$ . У них аллель С обнаруживался так же часто, как у жителей Японии или Индии (71,1 %).

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ фактического питания населения Арктической зоны России показал, что рационы коренного и пришлого населения характеризуются высоким уровнем потребления общего жира, НЖК, холестерина, добавленного сахара и поваренной соли.

Все эти алиментарные факторы относятся к факторам риска развития хронических неинфекционных (алиментарно-зависимых) заболеваний. Выявленные различия в макронутриентном составе рациона (больше содержание общего и животного жира, добавленного сахара, моно- и дисахаров) объясняют более высокие

значения ИМТ у пришлого населения Арктики по сравнению с коренным.

Таким образом, особенности пищевого статуса коренного и пришлого населения Арктики, по-видимому, связаны с традициями питания, этническими и генетическими факторами.

*D.B. Nikityuk, A.K. Baturin, A.V. Pogozeva, A.N. Martinchik,  
E.E. Keshabyants, V.M. Kodentsova, I.V. Kobelkova, A.O. Kambarov*

## PROBLEMS OF NUTRITION OF THE POPULATION OF THE YAMAL- NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

---

*With the use of epidemiological, anthropometric, biochemical and special methods of research, data on the actual nutrition and nutritional status of the population of the European and Asian parts of the Arctic zone of the Russian Federation, as well as Kharp, Aksarka and Beloyarsk villages of the Priuralsky Region of the Yamal-Nenets Autonomous District, Tazovsky village and Gyda village of the Tazovsky Region of the Yamal-Nenets Autonomous District were obtained.*

**Keywords:** *nutrition, nutritional status, vitamins, indigenous and alien population, genetic factors, Yamal-Nenets Autonomous District.*

## ПЕРВЫЕ ИТОГИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТРУПНЫХ ЯВЛЕНИЙ ТЕЛ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (ОСТРОВ БЕЛЫЙ)

---

*Цель проводимого научного исследования – анализ сохранности мягких тканей и костных структур млекопитающих за разные временные интервалы, выявление роли внешних факторов: циклов протаивания-промерзания, влияния моря, температурного режима грунтов на побережье Карского моря. Приведены данные о ранних и поздних трупных явлениях в криолитозоне. Описано проведение и первые итоги экспериментальных работ, рассчитанных на длительный период времени и заключающихся в захоронении сохранных трупов млекопитающих с последующим их периодическим исследованием.*

**Ключевые слова:** трупные явления, судебно-медицинское исследование, захоронение, криолитозона, млекопитающие, естественный эксперимент.

Поводом для исследования трупных явлений тел млекопитающих в условиях криолитозоны, изучения влияния условий захоронения на трансформацию тел явились результаты ранее проведенных судебно-медицинских исследований на острове Белый. При указанных исследованиях [1] выявлено широкое морфологическое многообразие сохранных мягких тканей и костных структур, ранее не изученное и не описанное в специализированной литературе, что вызвало значительные затруднения в определении давности смерти и захоронения в условиях высокоширотной криолитозоны. Настоящее исследование направлено на решение фундаментальной проблемы изучения изменений в мертвых телах млекопитающих в криолитозоне и выявления влияния условий захоронения на трупные изменения. Это может способствовать решению судебно-медицинских вопросов не только на территории Ямало-Ненецкого округа, но и в других арктических регионах.

В августе 2015 года на острове Белый Ямальского района были впервые начаты естественные эксперименты, направленные на изучение в динамике костных останков и сохранившихся мягких тканей тел млекопитающих, находящихся на тундровой поверхности. В нашем случае естественный эксперимент – это вид эксперимен-

та, который проводится в условиях обычного нахождения исследуемого объекта с минимумом вмешательства экспериментатора в этот процесс.

Начатые исследования были продолжены в августе-сентябре 2016 года на острове Белый Ямальского района, также были заложены новые эксперименты, рассчитанные на длительный период времени и заключающиеся в захоронении сохранных трупов крупных млекопитающих с последующей их эксгумацией и прицельным изучением трансформированных мягких тканей и костных структур; проведено наружное и частично внутреннее морфологическое макроскопическое исследование тел двух белых медведей с фиксацией трупных явлений [2].

В связи с начатыми экспериментальными работами летом 2017 года возникла необходимость в экспедиционных полевых работах по поводу продолжения естественных экспериментов. Помимо динамического изучения состояния останков тел умерших животных, необходима была смена термических датчиков (логгеров) в уже заложенных экспериментах, и планировался поиск павших животных в сезоне 2016-2017 гг., с описанием их морфологического состояния, а также с последующим захоронением для проведения дальнейших экспериментальных работ.

Необходимо подробно остановиться на следующих объектах, исследование которых ведется в динамике в летний период времени с 2015 года.

1. Позвонки белухи. В августе 2015 года на линии скопления плавника (плавник, вероятно, выброшен не в результате сильных штормов, а при больших разливах Хардъяхи) было обнаружено несколько позвонков белухи. Сложно предположить, что такое большое морское млекопитающее могло выбросить столь далеко в тундру при шторме либо в результате разлива, вероятнее всего, большой фрагмент тела мертвой белухи был использован в качестве приманки для песцов, о чем также свидетельствовали рядом находящиеся старые капканы-ящики для ловли песцов.

При снятии досок было установлено, что позвонки конгруэнтны друг другу, выложены в анатомической последовательности, представляя позвоночный столб. Морфологическое описание: та часть позвонков, которая находилась на поверхности тундры, под досками, сплошь покрыта тонким и умеренным неравномерным слоем мхов и лишайников зеленого цвета (рис. 1, 2).



Рис. 1, 2. Состояние позвонков белухи в августе 2015 года (фото И. Плетяновой)

При ближайшем рассмотрении можно увидеть, что целостность поперечных и остистых отростков позвонков на дистальных участках нарушена, кость с множественными выкрашиваниями мелких и средних размеров, с отсутствием компактного слоя. Не исключено, что такое выкрашивание не процесс естественного

выветривания кости (скарификации), поскольку сама кость крепкая, некрошащаяся, без трещин, а отсутствие костных компонентов – следы воздействия леммингов либо песцов. Наличие мхов и лишайников зеленого цвета поверх выкрошенных и поврежденных отростков позвонков говорит о том, что именно в таком виде последние попали в указанную среду.

Та часть позвонков, которая находилась в слое тундры, мхом и лишайниками не покрыта, гладкая, без следов растрескивания, некрошащаяся, имеет коричневато-рыже-бурый цвет, так называемый «цвет тундры», за счет чего позвонки в целом приобретают необычный пестрый вид. На дистальных участках отростков позвонков, находящихся в почвенном слое, также имеются мелкие и средних размеров выкрашивания, дефекты костной ткани (рис.1, 2).

Внутри костей имеются прорастания корней растений, достаточно массивные, а также сама структура тундрового слоя. Кости были рассмотрены, изучены, однако в целях эксперимента не были сложены обратно на прежнее место, под укрытия досок.

В августе 2016 года было проведено в динамике исследование костей белухи, оставленных в естественных условиях. Визуальным осмотром установлено, что в течение года выраженного выветривания, скарификации в виде растрескивания позвонков не произошло, однако значительно изменился их морфологический макроскопический вид по цвету. Те части позвонков, которые находились в тундровом слое и имели «цвет тундры», практически полностью выбелены (обычно это происходит под воздействием солнечных лучей) и лишены того яркого цвета, который они имели год назад, приобретая при этом светло-серый и белесовато-серый цвет, достаточно однородный. Те части позвонков, которые были покрыты слоем мха и лишайников, также изменились – там, где слой был тонким, произошло прокрашивание кости в светлый серовато-зеленоватый цвет, а там, где слой мха был умеренным, остались неравномерные бархатистые тонкие, островчатые грязно-зеленые наложения. Стали значительно выраженные повреждения дистальных участков поперечных и остистых позвонков, сама структура кости на этих участках стала хрупкой и несколько крошащейся (рис. 3).



Рис. 3. Состояние позвонков белухи в августе 2016 года (фото И. Плетяновой)

Позвонки белухи были оставлены в тех же условиях, в которых оставлены в 2015 году и обнаружены в 2016-м.

В начале июля 2017 года был вновь проведен динамический осмотр обнаруженных позвонков морского млекопитающего. При исследовании установлено, что цвет позвонков стал еще более однородный, белесовато-серый, почти белый, очагово (на месте прорастания мха и лишайников) встречается бледно-серо-зеленоватое (очень светлое, в пастельном тоне) прокрашивание самого костного вещества, без наложений. Выветривание, раскрашивание дистальных отделов остистых и поперечных отростков позвонков значительно увеличилось, появились мелкие трещины, тогда как сами тела позвонков сохранены хорошо, без признаков растрескивания костной ткани (рис. 4).



Рис. 4. Состояние позвонков белухи в июле 2017 года (фото И. Плетяновой)

Таким образом, благодаря этому эксперименту нахождения позвонков белухи в естественных условиях можно сделать вывод, что в течение года, находясь без укрытия, на поверхности тундры, под покровом льда и снега, под воздействием солнечных лучей кость почти полностью приобретает белый и белесовато-серый цвет, даже если она была покрыта мхами и лишайниками, находилась в самом тундровом слое, еще через год происходит значительное разрушение периферических тонких участков плоских костей (выветривание, скарификация). Кроме того, находясь под укрытием, когда кость защищена от солнечных лучей, но имеет место и проветривание, и доступ влаги (т.е. это укрытие не должно быть плотным, например, как саркофаг), происходит массивное обрастание слоев мха и лишайников большей поверхности кости.

Практическое применение такого вывода, основанного на естественном эксперименте – при обнаружении кости человека либо животного в условиях тундры (аналогичной широты и климату острова Белый), без укрытия, т.е. на открытой местности, при прокрашивании кости в цвет тундры либо с наложением или прорастанием мхов и лишайников, можно с большей долей вероятности предполагать, что имело место перемещение костных останков из какого-либо проветриваемого и влажного укрытия либо из самого покрова тундры. Это может иметь значение при сокрытии, перемещении

костных останков погибшего (человека либо животного) в криминальных случаях.

2. Костный фрагмент конечности северного оленя обнаружен в августе 2015 года в береговой тундре, несколько возвышающейся над горизонтом пляжа (зоной осушки), северо-западного берега мыса Рогозина. Данный объект был также предметом наблюдения в течение 3-х сезонов, т.е. в 2015, 2016 и 2017 гг.

Осмотром было установлено, что кости умеренно влажные, блестящие, со следами повреждений (объедание млекопитающими, птицами), преимущественно бежевого цвета. Полного скелетирования не произошло, имеются обширные участки с сохранившимися мягкими тканями. Мышечная ткань при этом представлена в наименьшем процентном соотношении по отношению к связкам и сухожилиям, в большинстве случаев буро-коричневого цвета, имеет вид «вяленого мяса», несколько подсушена. Связочный аппарат сохранен, более внутренние связки сохранены почти полностью, имеют серо-голубоватый либо серо-бежеватый цвет, блестящие, несколько перламутровые, эластичные. Более поверхностные связки сохранены намного хуже, представлены в виде тонких обрывочных лент, волокнистой структуры, темно-коричневого цвета, на дистальных отделах подсушенные, плотные, неэластичные. Таким образом, вероятнее всего, время гибели животного – осенне-зимне-весенний сезон 2014-2015 гг.

Через год, т.е. в августе 2016 года, примерно на том же участке этот костный фрагмент был также исследован. Однако за год произошли значительные изменения. Кости полностью скелетировались, участки мягких тканей настолько минимальны, что их можно увидеть только при прицельном рассматривании при помощи увеличительного стекла. Кости лежат на поверхности тундры, почти белого и бело-бежевого цвета, жирность их уменьшилась, хрящевые ткани почти полностью разрушены, так же, как связки с сухожилиями, вероятно, эти ткани служили пищей для мелких млекопитающих – леммингов и песцов.

В июле 2017 года тот же костный фрагмент конечности северного оленя находился на обозначенном участке. Кости полностью выбеленные, лишены мягких тканей, поверхность их гладкая, блестящая, без растрескиваний, участков скарификации, наложений мха и лишайников.

Данное динамическое наблюдение показывает нам на трансформацию, происходящую с почти скелетированными останками в течение двух лет (т.е. трех сезонов) в условиях открытой прибрежной тундры.

Практический вывод данного эксперимента. В течение года полускелетированный скелет (фрагменты его), находясь на открытой поверхности тундры (аналогичной широты и климату острова Белый), становится полностью скелетированным, без связок, сухожилий и суставных капсул, с едва сохраненной хрящевой тканью. При этом кости сохраняют свой жировой слой.

Интересным объектом для исследования являлись фрагменты костных останков двух северных оленей, которые также были обнаружены в августе 2015 года



в береговой тундре, недалеко от описанной выше конечности северного оленя. В данном случае эти объекты интересны не с точки зрения морфологических изменений костной ткани в динамике, а с точки зрения причины и факторов смерти животных, а также как пример антропогенного влияния на животный мир. Штормом Карское море выносит далеко на берег предметы, сброшенные человеком в море. Куски пластмассы, ящики, бутылки не так опасны для млекопитающих суши, как регулярно встречающиеся на побережье канаты, промышленные веревки и рыболовные сети. Животное, запутавшись в них, неизбежно обречено на гибель (рис. 5).



*Рис. 5. Костные останки двух северных оленей, запутавшихся в канатах и сетях, выброшенных штормом на берег (фото И. Плетяновой, 2016 г.)*

В экспедиционных работах продуктивными в плане нахождения останков морских млекопитающих оказались поиски на пляже, песчаных лайдах и зонах осушки. Так, было проделано неоднократно несколько маршрутов в береговой зоне как в южном направлении (около 9 км), так и в северном (также около 9 км); общая протяженность береговых маршрутов составила около 72 км. При этом было обнаружено множество скелетированных и полускелетированных останков морских млекопитающих, преимущественно кольчатых нерп.

Не описывая каждый объект в отдельности, можно обобщить, что целых туш обнаружено не было. В основном были найдены различные фрагменты, вероятнее всего, животные являлись добычей белого медведя в сезон 2016-2017 года, поскольку на всех таких фрагментах были обнаружены механические повреждения – следы повреждений крупными животными (сколы, обломки костной ткани). В большинстве случаев фрагменты не были единичными, находились группами на локальных участках небольшой площади, преимущественно в пределах видимости, или несколько больше.

Морфологическое описание таких останков тел млекопитающих также можно обобщить: кости влажные, блестящие, со следами повреждений, бежевого и светло-коричневого цвета. Полного скелетирования не произошло, имеются обширные участки с сохранившимися мягкими тканями. Мышечная ткань при этом

представлена в наименьшем процентном соотношении по отношению к связкам и сухожилиям, в большинстве случаев буро-коричневого цвета, имеет вид «вяленого мяса», несколько подсушена, несмотря на постоянную влажность воздуха. Связочный аппарат сохранен, более внутренние связки сохранены почти полностью, имеют серо-голубоватый либо серо-бежеватый цвет, блестящие, несколько перламутровые, эластичные. Более поверхностные связки сохранены намного хуже, представлены в виде тонких обрывочных лент, волокнистой структуры, темно-коричневого цвета, на дистальных отделах подсушенные, плотные, неэластичные. Такие типичные морфологические изменения останков млекопитающих, учитывая особенности местности (как природно-климатические, так и нахождения среди обитателей животного мира тундры), можно предложить в качестве описания при смерти в весь зимний период с последующим объеданием трупа крупными животными (белыми медведями), мелкими (песцами) и птицами (рис. 6).



*Рис. 6. Костные останки с мягкими тканями кольчатой нерпы, погибшей в сезоне 2016-2017 гг., со следами объедания трупа крупными (белыми медведями) и мелкими (песцами) животными, а также птицами (фото И. Плетяновой, 2017 г.)*

При полевых экспедиционных работах в 2017 г. была осуществлена закладка еще двух экспериментальных площадок на мысе Рогозина. В восточной части мыса, на границе припая и песчаной лайды, были обнаружены фрагментированные останки морского зайца, лахтака, представленные двумя относительно сохранными фрагментами.

Первый фрагмент – большой участок шкуры с подкожно-жировой клетчаткой, без мышечной ткани. Локализация фрагмента не определена. Он был сильно загрязнен в песке, затем промыт в морской воде. От объекта ощущался выраженный запах трупного гниения (температура воздуха в течение недели перед находкой не опускалась ниже 8 °С). Края фрагмента «рваные», без определенной формы. Структуры относительно сохранены, ткань рельефная. Наружная поверхность неоднородная, темно-серая, рельефная; внутренняя поверхность – гладкая, блестящая, влажная, неодно-

родного строения, преимущественно крупно-ячеистая с белесовато-серыми участками, а также с серыми и серо-голубыми участками, за счет чего фрагмент шкуры приобретал пестрый вид. На некоторых крупных и мелких участках непосредственно сама шкура была отделена от подкожно-жирового слоя, который имел несколько омыленный вид.

Второй фрагмент для эксперимента – череп морского зайца. Морфологическое макроскопическое описание. Череп полностью отделен от туловища, шейные позвонки, в том числе атлант, отсутствуют. Хорошо дифференцируется большое затылочное отверстие с рядом расположенными позвонковыми суставными поверхностями, которые покрыты омыленной тонкой пленкой. Сам череп не скелетирован и не скальпирован. Безусловно, мягкие ткани значительно нарушены в результате естественных процессов гниения, а также в результате объедания тканей животными и птицами. При переворачивании черепа из большого затылочного отверстия вытекала полужидкая субстанция, а также мягкие розовато-сероватые фрагменты (кусочки) аутолизированного вещества головного мозга. Коробка была частично промыта в морской воде, однако не до полного вычищения аутолитической мозговой ткани с целью сохранения естественных условий эксперимента. Единичные локальные участки черепа полностью скелетированы, к ним можно отнести правый сосцевидный отросток, дугу нижней челюсти и другие очень мелкие участки. Кость имеет бежево-коричневатый цвет, влажная, блестящая, с сохраненным жировым слоем. На черепе можно очагово увидеть все тканевые структуры: мышцы, связки, фасции, жировую ткань, апоневроз; рядом с глазницами расположены на тонких канатах окру-

глые образования – вероятнее всего, глазные яблоки. Однако все вышеперечисленные структуры значительно повреждены. Общий вид головы – пестрый: серые гнилостно измененные участки мышечной ткани, апоневроза, связок чередуются со светло-серо-голубыми омыленными участками выраженной жировой ткани. Между ними просвечивается светло-бежевая кость. Затылочная кость с переходом на теменную почти полностью скелетирована. От черепа ощущался выраженный запах трупного гниения.

Вероятнее всего, смерть лахтаки наступила не более чем за 8-15 дней до обнаружения. Поскольку значительная часть тканей сохранена, не повреждена животными, и процессы гниения в умеренной степени развития.

В дальнейшем предполагается продолжить комплексное фундаментальное исследование, включающее в себя разные виды анализов. Необходимость в подобных комплексных междисциплинарных исследованиях чрезвычайно велика, изучение условий захоронения млекопитающих, изучение трупных изменений и процессов поможет решить не только специализированные зоологические вопросы, которые могут возникнуть в судебной ветеринарии, но и судебно-медицинские вопросы, в том числе направленные на восстановление многих исторических событий, а также способны пролить свет на причины гибели некоторых арктических экспедиций.

Работы поддерживаются РФФИ и Департаментом по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа (проект РФФИ-ЯНАО № 16-44-890237 «Трупные изменения тел млекопитающих в условиях криолитозоны»), а также Некоммерческим партнерством «Российский центр освоения Арктики».

**ЛИТЕРАТУРА:**

---

Плетянова И.В. Особенности.

Плетянова И.В., Романенко Ф.А. К вопросу об особенностях трупных явлений в условиях криолитозоны // Научный вестник ЯНАО № 4 (№93). Экология Арктики. – 2016; № 4 (93). – С. 160-165.

*I.V. Pletyanova*

## THE FIRST RESULTS OF NATURAL EXPERIMENTS ON THE STUDY OF CADAVERIC PHENOMENA OF MAMMALIAN BODIES IN THE ARCTIC (BELY ISLAND)

---

*The purpose of the scientific research is to analyze the safety of soft tissues and bone structures of mammals at different time intervals and to reveal the role of external factors: thawing-freezing cycles, the influence of the sea, the temperature regime of soils on the coast of the Kara Sea. Data on early and late cadaveric phenomena in the cryolithozone are given. The carrying out and the first results of experimental works calculated for a long period of time and consisting in burial of the preserved corpses of mammals with their subsequent periodic investigation are described.*

**Keywords:** *cadaveric phenomena, forensic medical research, burial, cryolithozone, mammals, natural experiment.*

## ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КОРЕННОГО ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯНАО

*В статье представлены результаты оценки физического развития и функционального состояния детей и подростков Ямало-Ненецкого автономного округа. Были выявлены особенности: для детей-ненцев характерны астеническое телосложение, снижение жизненной емкости легких, функциональные тесты для оценки состояния сердечно-сосудистой системы свидетельствуют об удовлетворительных восстановительных возможностях организма. По экспресс-оценке соматического здоровья среди детей, родившихся и проживших первые годы в тундре, больше удельный вес школьников с оценкой уровня здоровья «средний» и «выше среднего». Исследование физического развития детей ненецкого этноса свидетельствует о необходимости разработки региональных комплексных нормативов антропометрических и физиометрических параметров.*

В арктической зоне детский организм сталкивается с экстремальными для выживания климатогеографическими условиями, в связи с этим актуальной задачей экологической физиологии является изучение особенностей физического развития и функционального состояния детей. Результаты многочисленных исследований физического развития детей-ненцев легли в основу референтных процентильных таблиц тотальных размеров тела для мальчиков и девочек ненцев [Дегтева, 2013]. Однако имеющихся данных недостаточно для того, чтобы получить комплексную характеристику физического развития и ориентировочного прогноза состояния здоровья детей-северян. Так как сердечно-сосудистая система (ССС) одна из первых включается в адаптационные процессы [Агаджанян, 1998, Гудков, 1998], знание особенностей её функционального состояния необходимо для последующего совершенствования медико-профилактических мероприятий по сохранению и укреплению состояния здоровья детей в условиях Арктики. К настоящему времени достаточно подробно исследованы функциональные возможности организма у пришлого населения [Оляшев, 2014, Хаснулин, 2014], тогда как физиологические аспекты формирования здоровья у детей коренного населения изучены недостаточно [Сороко, 2015].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований служили: показатели заболеваемости населения, результаты проведения

углубленных медицинских осмотров детей и подростков п. Яр-Сале и г. Салехарда. Обследовано 267 детей (141 мальчик и 126 девочек) в возрасте 7-17 лет, родившихся и постоянно проживающих в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). Критериями включения в группу обследования являлись: рождение и постоянное проживание на изучаемой территории; отсутствие врожденной патологии, функциональных отклонений и заболеваний эндокринной системы (по результатам осмотра эндокринолога). Обследование детей проведено с информированного согласия родителей/опекунов и одобрено локальным комитетом по био-медицинской этике.

Оценку физического развития проводили по программе унифицированных антропометрических исследований с измерением соматометрических и физиометрических признаков [Баранов, 2013]. Определяли соматометрические характеристики: длину и массу тела (ДТ и МТ), окружность грудной клетки (ОГК). Для оценки типа конституции использовали индекс физического развития Пинье (ИП, у.е.), рассчитываемый вычитанием из длины тела массы тела и окружности грудной клетки. Для оценки значений ИП использовали классификацию М.В. Черноуцко [Черноуцкий, 1982].

Определяли физиометрические характеристики – жизненную емкость легких (ЖЕЛ) и мышечную силу кисти при проведении спирометрии и динамометрии соответственно. Показатель внешнего дыхания – ЖЕЛ регистрировали с помощью спирометра Microlab

(Micro Medical)(Англия) с автоматизированным определением должной жизненной емкости легких. Индивидуальную оценку ЖЕЛ проводили, рассчитывая жизненный индекс (ЖИ, мл/кг) – отношение ЖЕЛ к массе тела. Мышечную силу кисти измеряли с использованием динамометра кистевого ДК-25. Рассчитывали показатель относительной мышечной силы (ОМС) по формуле [(сила правой кисти+сила левой кисти)/2]/МТ (кг).

Первичная обработка материала осуществлялась по половым и возрастным группам с годовыми интервалами. Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ STATISTICA, версия 10.0 для MS Windows. Выборки данных проверяли на нормальность распределения по критерию Колмогорова – Смирнова при уровне значимости  $p < 0,05$ . Рассчитывали общепринятые показатели описательной статистики и статистики вывода: среднее арифметическое (M), его стандартные ошибки (m) и отклонение ( $\sigma$ ). Достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек, а также погодных различий оценивали по t-критерию для несвязанных выборок ( $p < 0,05$ ).

Измерение физиологических показателей проводили в положении сидя, после 15 минут нахождения в состоянии покоя. Измеряли частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт. ст. соответственно) с помощью автоматического тонометра «Omron» МХ3 Plus (Япония). Для исследования адаптивных возможностей ССС к физической нагрузке использован тест на восстановление после 30 приседаний. Реакции ССС на нагрузку определяли в покое, сразу после нагрузки и в период восстановления. Рассчитывали индекс функциональных изменений по Баевскому Р.М. [Баевский, 1987].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате специального исследования физического развития детей, проживающих на модельных территориях ЯНАО (Ямальский район, г. Салехард), выявлены возрастно-половые особенности основных антропометрических параметров. Установлено, что изменения основных антропометрических параметров имеют неравномерный и гетерохронный характер. Средние величины размеров тела детей-ненцев с разбивкой по полу и возрасту представлены в таблице 1. Отмечено, что наиболее интенсивное увеличение ДТ происходило у мальчиков с 11 до 14 лет (23,8 см) с максимальным годовым приростом (пубертатный «скачок») в 13-14 лет – на 14,7 см/год. С 15 до 17 лет наблюдалось замедление темпов роста. У девочек интенсивное увеличение параметров ДТ отмечено с 10 до 12 лет, наиболее значимая прибавка ДТ отмечена на год раньше, по сравнению с мальчиками, в 11 лет – на 8,9 см/год. В период с 13 до 17 лет у девочек происходило замедление темпов роста и стабилизация показателя в 16-17 лет. Установлено, что у мальчиков и девочек показатели ДТ в 7, 9, 12, 13 лет имели близкие значения. В возрасте 14-17 лет мальчики устойчиво опережали в росте девочек: в 14 лет – на 8,3 см ( $p = 0,018$ ); в 15 лет – на 10,3 см ( $p = 0,001$ ); в 16 лет – на 13,4 см ( $p = 0,000$ ); в 17 лет – на 13,2 см. Оценка погодных изменений ДТ выявила статистически значимые различия у мальчиков – между значениями в 10 и 11 лет ( $p = 0,045$ ), 11 и 12 лет ( $p = 0,001$ ), 13 и 14 лет ( $p = 0,001$ ), у девочек – между значениями в 8 и 9 лет ( $p = 0,048$ ) 10 и 11 лет ( $p = 0,050$ ). Полученные нами данные отражают особенности ростовых процессов у детского коренного населения северных территорий. В отличие от общих закономерностей, свойственных для данного периода онтогенеза, «первый перекрест ростовых кривых» отмечен в 8 лет, а не в 10, что характерно для детей других этносов [Баранов, 2013].

Табл. 1

Тотальные размеры тела детей и подростков 7-17 лет ЯНАО

Возраст, лет	Пол	Длина тела, см		Масса тела, кг		Окружность грудной клетки, см	
		M±m	$\sigma$	M±m	$\sigma$	M±m	$\sigma$
7	м	124,6±1,5	5,9	26,3±1,2	4,8	62,3±1,3	5,2
	ж	122,6±1,3	5,2	25,1±1,1	4,4	61,1±1,2	4,9
8	м	128,8±1,3	5,3	27,8±1,2	4,6	62,7±0,9	3,9
	ж	124,5±0,5	1,2	25,2±0,8	1,8	61,1±1,2	2,7
9	м	132,2±2,2	7,1	28,0±2,6	8,3	63,1±1,7	5,3
	ж	131,1±2,5	6,6	29,9±2,6	6,8	65,2±2,4	6,4
10	м	133,3±2,8	7,3	28,2±1,5	3,9	63,7±1,3	3,6
	ж	137,4±2,6	7,3	32,2±1,9	5,6	67,1±1,7	4,8
11	м	140,8±1,7	7,3	37,8±2,2	9,8	71,2±1,5	6,1
	ж	146,3±2,8	11,1	38,2±1,9	7,9	70,5±1,2	4,9
12	м	150,3±2,9	9,1	41,3±2,5	7,9	72,1±1,6	5,1
	ж	151,7±1,9	7,1	44,7±2,3	8,6	74,1±1,5	4,7
13	м	153,0±3,1	8,6	43,1±2,8	8,0	76,0±1,7	4,8
	ж	152,9±2,1	6,3	45,1±1,9	5,9	74,5±1,2	3,7

14	м	164,6±2,7	10,4	57,6±3,4	13,1	82,8±2,3	9,0
	ж	156,3±1,6	6,7	49,0±1,6	7,0	78,1±0,9	3,9
15	м	168,1±1,9	8,9	61,2±2,1	9,9	86,1±1,4	6,6
	ж	157,8±2,1	7,4	55,7±2,4	8,7	81,0±1,6	5,6
16	м	171,2±2,8	10,2	65,3±4,5	16,1	89,3±2,5	9,1
	ж	158,8±1,9	7,5	56,1±1,1	4,1	81,1±0,9	3,4
17	м	172,2±3,8	7,7	65,5±4,1	8,2	90,5±3,3	6,6
	ж	159,0±2,9	6,7	58,7±6,7	15,0	83,6±3,2	7,3

Одним из важнейших диагностических критериев здоровья детей является показатель массы тела. Отмечено, что изменения МТ с возрастом были неравномерны как среди мальчиков, так и среди девочек. Максимальные годовые прибавки у мальчиков установлены в 11 и 14 лет (9,6 и 14,5 кг/год соответственно). У девочек периоды максимальной прибавки МТ определены в возрасте 12, 15 и 17 лет (6,5; 6,7 и 6,6 кг/год соответственно). При сравнении значений показателя МТ по полу выявлены неравномерные изменения. Отмечено, что вес мальчиков был выше, чем у девочек в возрастных группах 14 лет – на 8,6 кг; 15 лет – на 5,5 кг; 16 лет – на 13,2 кг; 17 лет – на 6,8 кг. Вес девочек был выше, чем у их ровесников мальчиков в возрасте: 10 лет – на 3,4 кг; 12 лет – на 3,4 кг; 13 лет – 2,0 кг.

В условиях разреженного воздуха (в зимний период) и недостаточной сатурации крови кислородом поступление воздуха в организм зависит от объема грудной клетки [Погонышева, 2016]. Округлость грудной клетки у мальчиков была выше, чем у девочек на 0,7-8,2 см ( $p=0,008$ ). Увеличение ОГК происходило как у мальчиков, так и у девочек с 9 лет. В возрасте 10 и 12 лет анализируемый показатель был выше в группе девочек – на 3-3,4 см. Сравнительная оценка показателей ОГК по мере роста выявила статистически значимые различия: у мальчиков – между значениями в 10 и 11 лет ( $p=0,000$ ), 13 и 14 лет ( $p=0,04$ ); у девочек – между значениями в 11 и 12 лет ( $p=0,038$ ), 13 и 14 ( $p=0,023$ ), 14 и 15 ( $p=0,031$ ).

Проведена сравнительная оценка полученных данных с референтными центильными таблицами физического развития 7-17-летних ненцев, проживающих в европейской части России, г. Нарьян-Мар Ненецкого автономного округа [Дегтева, 2013]. Установлено, что в группе детей ЯНАО гармоничное физическое развитие имеют 70,4±2,8 % обследованных, различий по гендерному признаку не выявлено. Следует отметить, что гар-

моничное ФР у 50,9±3,1 % детей соответствует возрасту, у 17,2±2,3 % – опережает возраст, у 2,2±0,9 % – отстает от возрастных нормативов. Дисгармоничное физическое развитие представлено преимущественно избыточной массой тела (6,7±1,5 %) и низким ростом (6,4±1,5 %). Низкий рост выявлен чаще у девочек (4,5±1,3 %, против 1,9±0,8% мальчиков). Значительная доля обследованных детей вне зависимости от пола имеет дефицит массы тела (8,9±3,2 %). Немногочисленная группа детей имеет другие варианты отклонений физического развития.

Представляет интерес оценка типа конституции по индексу Пинье. Оценка индивидуальных данных показала, что астеническое телосложение имеют 58,4±3,0 % детей-северян, нормостеническое – 36,4±2,9 %, а гиперстеническое – 5,2±1,3 %. Установлено, что в возрастной группе 7-11 лет преобладали дети с астеническим телосложением (среди мальчиков – 76,5±5,1 % и девочек – 80,8±5,5 %), характеризующимся слабо развитой мускулатурой, небольшими размерами ширины плеч и поперечного диаметра грудной клетки при относительно большом росте. В возрасте 12-17 лет среди обследованных детей преобладали лица с нормостеническим и астеническим типом телосложения (46,9±4,1 % и 44,2±4,1 % соответственно). Распределение по полу в каждой группе практически одинаково.

Одним из важных физиометрических параметров является показатель относительной мышечной силы. Установлено, показатель ОМС у мальчиков и девочек ЯНАО в разные возрастные периоды изменялся неравномерно и находился в пределах 0,229-0,631 у.е. у мальчиков и 0,159-0,418 у.е. у девочек. При этом у мальчиков четко прослеживаются периоды увеличения показателя – в 8, 13 и 17 лет. Тогда как у девочек все колебания показателя отмечены с 7 до 9 лет, с десяти лет значение ОМС остается в пределах – 0,336-0,418 у.е.

Табл. 2

### Показатель ЖЕЛ и его производные у детей и подростков 7-17 лет ЯНАО

Возраст, лет	Пол	Жизненная емкость легких, л		ДЖЕЛ, л		Отклонение ЖЕЛ от ДЖЕЛ, %	Жизненный индекс, мл/кг	
		М±m	σ	М±m	σ		М±m	σ
7	м	1,3±0,1	0,3	1,8±0,1	0,3	24,9	50,7±2,2	8,9
	ж	1,3±0,1	0,3	1,5±0,1	0,2	11,5	52,1±3,2	12,6
8	м	1,7±0,1	0,4	1,9±0,1	0,2	11,7	61,6±2,5	10,1
	ж	1,2±0,7	0,1	1,5±0,02	0,04	22,3	47,0±2,9	6,4

9	м	1,7±0,1	0,3	2,1±0,1	0,3	18,6	50,7±2,5	7,8
	ж	1,4±0,1	0,3	1,8±0,1	0,3	21,0	47,2±4,7	12,4
10	м	1,6±0,1	0,3	2,1±0,1	0,3	24,5	56,9±2,6	6,8
	ж	1,7±0,1	0,3	2,0±0,1	0,3	16,7	53,1±4,8	13,5
11	м	2,0±0,1	0,4	2,5±0,1	0,3	20,9	53,0±2,7	11,3
	ж	2,0±0,1	0,5	2,4±0,1	0,4	12,6	54,3±3,2	12,9
12	м	2,4±0,1	0,3	2,9±0,1	0,3	19,4	58,9±2,6	7,3
	ж	2,2±0,1	0,6	2,5±0,1	0,3	14,8	49,8±3,8	14,1
13	м	2,2±0,2	0,5	2,9±0,1	0,4	23,4	51,8±3,4	9,5
	ж	1,9±0,2	0,7	2,6±0,1	0,2	27,1	42,0±4,8	14,4
14	м	3,4±0,2	0,9	3,8±0,2	0,8	10,9	60,1±3,9	15,0
	ж	2,4±0,2	0,8	2,7±0,1	0,2	12,5	49,3±3,4	14,5
15	м	3,7±0,2	1,0	4,1±0,2	0,8	11,5	58,5±3,7	18,0
	ж	2,6±0,1	0,4	2,8±0,1	0,3	7,4	46,6±2,4	8,6
16	м	3,7±0,3	1,2	4,5±0,3	0,9	16,8	57,0±2,3	8,3
	ж	2,6±0,2	0,9	2,8±0,1	0,3	9,7	48,9±3,7	14,5
17	м	2,6±0,2	0,4	3,6±0,2	0,5	26,6	49,7±2,7	5,3
	ж	2,0±0,2	0,4	2,7±0,1	0,3	24,4	35,5±4,0	8,9

К важнейшим функциональным показателям физического развития относится жизненная емкость легких, которая отражает также и вентиляцию легких. Средние значения ЖЕЛ и ДЖЕЛ отражены в таблице 2. Объем ЖЕЛ отстает от должного у мальчиков 7-17 лет на 10,5-27,8 %, у их ровесниц – на 7,1-26,9 %. Оценка индивидуальных данных показала, что фактические значения ЖЕЛ соответствуют ДЖЕЛ у 1,9±0,8 %, снижены у 82,8±2,3 % обследованных. Отмечено, что среди лиц с отставанием ЖЕЛ от ДЖЕЛ удельный вес мальчиков и девочек имеет близкие значения. Фактические величины ЖЕЛ превышали должные у 15,3±2,2 % детей. Вариант, когда ЖЕЛ превышает ДЖЕЛ, чаще встречается среди девочек. Высокие уровни ЖЕЛ указывают на отличное функциональное состояние легких и более свойственны лицам, занимающимся бегом, лыжным спортом и другими упражнениями, развивающими выносливость. Проведена оценка изменений показателя ЖЕЛ у мальчиков и девочек 7-17 лет. У мальчиков увеличение объема ЖЕЛ наблюдается в 7-10 лет (с 1,3 до 1,7л), 11-13 лет (с 2,0 до 2,2л), 14-16 (с 3,4 до 3,7л). У девочек отмечается последовательный рост данного показателя в 7-9 лет – с 1,2 до 1,4л, в 10-16 лет – с 1,7 до 2,6л.

Дополняет характеристику физического развития детей оценка жизненного индекса, физиологический смысл которого заключается в отражении синергизма между развитием дыхательной системы и опорно-двигательного аппарата. У значительной доли обследованных детей ЖИ оценивается как низкий и ниже среднего уровня (33,9±2,9 % и 14,5±2,2% соответственно), что свидетельствует о рассогласованном развитии дыхательной системы и опорно-двигательного аппарата. Средний уровень показателя выявлен у 13,3±2,1% детей. Распределение по полу в каждой группе практически одинаково. Полученные данные соотносятся с распределением детей по соотношению ЖЕЛ/ДЖЕЛ.

Представляет интерес тот факт, что у детей астеническое телосложение сочетается с низким уровнем ЖИ и сниженным фактическим ЖЕЛ, это свидетельствует о снижении функциональных возможностей дыхательной системы и может быть связано с адаптивными особенностями формирования опорно-двигательного аппарата на уровне грудного отдела.

Проведена оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы и адаптивных возможностей детей. Оценка ЧСС показала, что среди обследованных детей преобладают лица с нормотонией 43,1±3,1 % (7-10 лет – 35,8±5,3 %, 11-14 лет – 44,0±4,7 %, 49,3±5,7 %). Среди отклонений ЧСС от значений возрастной нормы чаще встречается брадикардия: в 7-10 лет – у 48,0±5,5 %, в 11-14 лет – у 29,4±4,4 %, в 15-17 лет – у 31,2±5,3 % детей. Вместе с тем, отметим, удельный вес детей с выраженной брадикардией не высок и составляет 4,9±1,3 %. Тогда как удельный вес детей с легкой брадикардией составляет – 16,5±2,3 %, умеренной – 14,2 ±2,1 %. Тахикардия выявлена у 21,3±2,5 % детей, в том числе легкая – у 11,2±1,9 %, умеренная – у 8,2±1,7 %, выраженная – у 1,9±0,8 % обследованных.

Исследование вегетативной регуляции сердечного ритма у обследованных детей показало, что в возрасте 7-10-лет преобладают лица с нормотоническим типом (25,9±4,9 %), выраженной парасимпатикотонией (23,4±4,7 %) и симпатикотонией (20,9±4,5 %). Среди детей 11-14 и 15-17 лет чаще встречаются лица с выраженной парасимпатикотонией (33,0±4,5 % и 41,5±5,6 % соответственно). Удельный вес лиц с симпатикотоническим типом регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) последовательно уменьшается с 16,0±4,1 % у детей 7-10 лет до 1,3±1,3 % в группе 15-17-летних (1 случай). Удельный вес лиц с парасимпатикотонией снижается в 1,8 раза – с 13,8±3,8 % у детей 7-10 лет до 7,8±3,0 в группе 15-17-летних.

Интегральная оценка функционального состояния организма по индексу функциональных изменений (ИФИ) показала, что у значительной доли обследованных детей преобладает состояние удовлетворительной адаптации (7-10 лет – 97,6±1,7 %, 11-14 лет – 90,8±2,8 %, 15-17 лет – 87,1±4,0 %). Лица с состоянием функционального напряжения встречаются чаще в группе детей 15-17 лет (12,9±4,0 %), чем среди детей 7-10 лет (2,4±1,7 %,  $p=0,008$ ) 11-14 лет (9,2±2,8 %,  $p=0,04$ ).

Проведение пробы с функциональной нагрузкой на сердечно-сосудистую систему (ССС) выявило у значительной доли обследованных нормотонический тип реакции артериального давления и ЧСС – у 45,9±5,4 % детей в возрастной группе 7-10 лет, 50,4±4,8 % в возрасте 11-14 лет, 52,8±5,9 % – в 15-17 лет. Среди других вариантов реакции ССС преобладал гипотонический тип – у детей 7-10 лет – 36,5±5,2 %, 11-14 лет – 35,8±4,6 %, 15-17 лет – 28,6±5,4 %. Установленный факт, вероятно, обу-

словлен влиянием парасимпатического отдела ВНС на регуляцию сердечного ритма. Проведенная ранее оценка реакции ССС на пробу с дозированной физической нагрузкой показала, что у детей-ненцев восстановительные возможности выше, чем у детей славянского этноса [Ефимова, 2017]. Вполне возможно, что гипотонический тип реакции ССС на функциональную нагрузку отражает особенности кардиогемодинамики у детей-северян и является проявлением адаптивных реакций.

Для комплексной оценки состояния здоровья и функциональных возможностей использован метод, разработанный Апанасенко [Апанасенко, 2011]. В группах школьников начального звена лиц с соматическим здоровьем, оцениваемым как «высокое», не выявлено, доля лиц со средним уровнем составила лишь 14,6 %, 12,9 % в Салехарде и 20,0 % – в Яр-Сале (табл. 3). Половина обследованных (51,2 %) отнесены в группу с «низким» соматическим здоровьем.

Табл. 3

**Распределение детей и подростков ЯНАО по результатам экспресс-оценки соматического здоровья**

Пол	Уровни соматического здоровья									
	низкий		ниже среднего		средний		выше среднего		высокий	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
мальчики (все)	39	34,5±4,5	28	24,8±4,2	25	22,1±4,0	12	10,6±3,1	9	8,0±2,6
девочки (все)	45	40,2±4,7	28	25,0±4,2	29	25,9±4,3	8	7,1±2,6	2	1,8±1,3
оба пола (не тундра)	77	49,4±3,4*	48	30,7±4,0*	25	16,0±3,5	4	2,6±1,6	2	1,3±1,1
оба пола (тундра)	7	10,1±3,1	8	11,6±3,2	29	42,0±5,4*	16	23,2±4,4*	9	13,0±3,4

**Примечание:** \* – статистически значимые различия в зависимости от места проживания (по t-критерию Стьюдента,  $p \leq 0,05$ ).

Среди обучающихся среднего звена у 19 % обследованных соматическое здоровье оценивалось как «высокое» и «выше среднего», а у 26,7 % – как «низкое», среди подростков 14-17 лет – у 16,6 % и 36,4 %, соответственно. Следует отметить, что в данных возрастных группах распределение детей по уровню здоровья имело статистические различия при попарном сравнении данных в Салехарде и Яр-Сале: так, доля лиц с «низким» и «ниже среднего» уровнями соматического здоровья больше в Салехарде, а с «высоким» – больше подростков в Яр-Сале. Эта же зависимость прослеживается при сравнении возрастных групп 7-17 лет: в Салехарде в 3,1 раза больше детей с «низким» и в 2 раза с соматическим здоровьем «ниже среднего», но в 9,3 раза меньше доля лиц с оценкой здоровья «выше среднего» и в 17,5 раза – с «высокой».

Анализ распределения детей по уровню соматического здоровья в зависимости от места рождения и проживания в первые годы свидетельствует о статистически значимых различиях при сравнении групп «родившиеся и постоянно живущие в поселке» и «родившиеся и живущие в тундре» ( $\chi^2=85,267$ ,  $p < 0,01$ ). Выявлено, что частота мальчиков с высоким уровнем соматического здоровья выше, чем девочек ( $p < 0,05$ ). По группам школьников с «низким», «средним», «выше и ниже среднего» уровнями соматического здоровья различий не установлено.

Наши данные о состоянии функционального состояния и физического развития детей ненецкого этноса согласуются с концепциями арктического адаптивного типа [Алексеева, 1972], «северного» метаболического типа [Хаснулин, 2014]. Полученные параметры тотальных размеров тела детей-ненцев близки к данным антропометрических показателей у детей Республики Саха (Якутия) и малочисленных народов Севера (эвены, эвенки, чукчи, юкагиры) [Бурцева, 2010], но отличаются от величин, характерных для представителей славянского этноса [Кучма, 2008]. Максимальные годовые приросты длины тела у ненцев отстают от темпов, характерных для подростков, проживающих в умеренных широтах, а также для пришлого населения [Дегтева, 2013]. В связи с этим оценку гармоничности физического развития представителей народов Севера следует проводить только по региональным стандартам, при этом ненецкий этнос можно рассматривать как единый. Следует отметить, что, как и в работах [Дворкин, 2012, Уварова, 2009], нами отмечена высокая встречаемость детей с астеническим типом телосложения. Оценка параметров кардиогемодинамики показала, что у детей и подростков коренных народностей Севера и Сибири ЧСС, САД, ДАД ниже, чем у детей славянской этнической группы, проживающих в городских условиях [Ефимова, 2017].



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование комплекса антропометрических параметров и показателей функционального состояния позволило выявить наличие этнических особенностей у детей, проживающих в ЯНАО. Для детей-ненцев характерны: астеническое телосложение, адаптивное снижение жизненной емкости легких. Изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы показало при проведении функциональных тестов удовлетворительные восстановительные возможности организма. Исследование физического развития детей

ненецкого этноса свидетельствует о необходимости разработки региональных комплексных нормативов антропометрических и физиометрических параметров для последующего выявления детей с повышенным риском формирования нарушений здоровья.

*Исследования выполнены в рамках Программы фундаментальных исследований РАН «Поисковые научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» АЗ РФ-44П.*

**ЛИТЕРАТУРА**

---

- Агаджанян Н.А., Жвавый Н.Ф., Ананьев В.Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. – М.: КРУК, 1998. – 240 с.
- Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. – М.: Мысль, 1977. – 302 с.
- Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. Индивидуальное здоровье: теория и практика. – Киев «Медкнига», 2011. – 108 с.
- Баевский Р.М., Берсенева А.П., Вакулин В.К. Оценка эффективности профилактических мероприятий на основе измерения адаптационного потенциала системы кровообращения. Здравоохранение Российской Федерации. – 1987. – № 8. – С. 6-10.
- Баранов А.А., Кучма В.Р., ред. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Сб. мат-лов (выпуск VI). – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – 192 с.
- Бурцева Т. Е. Физическое развитие детей Республики Саха (Якутия): возрастные и этнические особенности // Якутский медицинский журнал. – 2010. – № 2. – С. 5-6.
- Гудков А.Б., Кубушка О.Н. Проходимость воздухоносных путей у детей старшего школьного возраста – жителей Европейского Севера // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 3. – С. 84-91.
- Гудков А.Б., Небученных А.А., Попова О.Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-морского флота России в условиях Европейского Севера // Экология человека. – 2008. – № 1. – С. 39-43.
- Дворкин Л.С., Зарко В.В. Личностно-ориентированная физическая подготовка и физическое развитие ненецких школьников средних классов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. – 2013. – № 4 (129). – С. 151-156.
- Дегтева Г.Н., Муратова А.П., Зубов Л.А., Федотов Д.М., Корнеева Я.А. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 5-17 лет г. Нарьян-Мар (Субъект РФ – Ненецкий автономный округ) // Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации / под ред. А.А. Баранова, В.Р. Кучмы. – М.: Изд-во «ПедиатрЪ», 2013. – С. 100-104.
- Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка кардиогемодинамических показателей у детей Крайнего Севера и Сибири. Экология человека. – 2017. – № 2. – С. 10-16.
- Кучма В.Р., Скоблина Н.А. Информативность оценки физического развития детей и подростков при популяционных исследованиях // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7. – № 1. – С. 26-28.
- Оляшев Н.В., Варенцова И.А., Пушкина В.Н. Показатели кардиореспираторной системы у юношей с разными типами кровообращения // Экология человека. – 2014. – № 4. – С. 28-33.
- Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А. Сатурация крови кислородом как индикатор гипоксических состояний у студентов в экологических условиях Севера. Вестник Нижневарттовского гос. ун-та. – 2016. – № 2. – С. 56-59.
- Сороко С.И., Бекшаев С.С., Нагорнова Ж.В., Рожков В.П., Шемякина Н.В. Особенности возрастного развития детей в условиях Арктики. URL: <http://ras.ru/scientificactivity/rasprograms/arctic.aspx> (дата обращения: 26.06.2015).
- Уварова Т.Е., Бурцева Т.Е., Неустроева Т.С., Саввина М.С. Морфологические и физиологические особенности коренного населения Крайнего Севера // Дальневосточный медицинский журнал. – 2009. – № 2. – С. 114-118.
- Хаснулин В.И., Артамонова О.Г., Хаснулина А.В., Павлов А.Н. Адаптивные типы мобилизации приспособительных резервов организма и устойчивость к артериальной гипертензии на Севере // Экология человека. – 2014. – № 7. – С. 24-29.
- Черноруцкий М.В. Частная патология и терапия внутренних болезней. – М.: Госиздат, 1982. – 224 с.

**N.V. Efimova, I.V. Mylnikova**

## **ASSESSMENT OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE INDIGENOUS CHILDREN OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT**

---

*The article presents the results of assessment of physical development and functional status of children and teenagers of the Yamal-Nenets Autonomous District. The following peculiarities were revealed: Nenets children are characterized by asthenic physique, a decrease in the vital capacity of the lungs, functional tests for assessing the state of the cardiovascular system indicate satisfactory restorative capacities of the body. According to the rapid assessment of physical health, there is a greater proportion of schoolchildren with a health rating of "average" and "above average" among children born and lived in the early years in the tundra. The study of the physical development of children of the Nenets ethnos indicates the need for development of regional complex standards of anthropometric and physiometric parameters.*

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

<b>СССР</b>	– Союз Советских Социалистических Республик
<b>США</b>	– Соединенные Штаты Америки
<b>АЗРФ</b>	– Арктическая зона Российской Федерации
<b>РФФИ</b>	– Российский Фонд Фундаментальных Исследований
<b>МСХ</b>	– Министерство сельского хозяйства
<b>МЭЦ</b>	– Межрегиональный Экспедиционный Центр
<b>МОЭО</b>	– Межрегиональная Общественная Экосоциологическая организация
<b>ГУ</b>	– Государственное учреждение
<b>ХМАО</b>	– Ханты-Мансийский автономный округ
<b>ЯНАО</b>	– Ямало-Ненецкий автономный округ
<b>ЗАО</b>	– Закон автономного округа
<b>ФЗ</b>	– Федеральный закон
<b>ГКУ ЯНАО</b>	– Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
<b>СО РАН</b>	– Сибирское отделение Российской академии наук
<b>ИПЭЭ РАН</b>	– Институт проблем экологии и эволюции Российской академии наук
<b>УрО РАН</b>	– Уральское отделение Российской академии наук
<b>ИВЭП СО РАН</b>	– Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук
<b>ИНГГ СО РАН</b>	– Институт нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук
<b>РГГМУ</b>	– Российский государственный гидрометеорологический университет
<b>ФГУ ЦЛАТИ</b>	– федеральное государственное учреждение Центр лабораторного анализа и технических измерений
<b>ФГБУ «ААНИИ»</b>	– Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»
<b>ФТИ им. Иоффе РАН</b>	– Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
<b>РФФИ</b>	– Российский фонд фундаментальных исследований
<b>ПТК</b>	– природно-территориальный комплекс
<b>НГКМ</b>	– нефтегазоконденсатное месторождение
<b>НДТ</b>	– наилучшие доступные технологии
<b>ИТС</b>	– информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям
<b>ТБО</b>	– твердые бытовые отходы
<b>ГСМ</b>	– горюче-смазочные материалы
<b>НП</b>	– нефтепродукты
<b>МНК</b>	– медно-никелевый комбинат
<b>ПЭТ-тара</b>	– бутылка, изготовленная из полиэтилентерефталата
<b>ГЛМВ</b>	– глобальная линия метеорных вод
<b>ЛЛМВ</b>	– локальная линия метеорных вод
<b>УН</b>	– углеродная нанотрубка
<b>ЭК</b>	– элементы климата
<b>БК</b>	– биоклиматические комплексы
<b>СКИОВО</b>	– схема комплексного использования и охраны водных объектов
<b>НДВ</b>	– норматив допустимого воздействия
<b>ПДК</b>	– предельно допустимые концентрации
<b>БПК</b>	– биологическое потребление кислорода
<b>ХПК</b>	– химическое потребление кислорода
<b>ИСП-МС</b>	– масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой
<b>ММП</b>	– многолетнемёрзлые породы
<b>ООПТ</b>	– особо охраняемые природные территории
<b>НИР</b>	– научно-исследовательская работа
<b>НЖК</b>	– насыщенные жирные кислоты
<b>ИМТ</b>	– индекс массы тела
<b>ДНК</b>	– дезоксирибонуклеиновая кислота

## ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ:

- Агбалян Елена Васильевна** – главный научный сотрудник, заведующий сектором эколого-биологических исследований отдела естественно-научных исследований государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», г. Надым, д. б. н., e-mail: agbelena@yandex.ru, тел. +7 (922) 463-59-099
- Батурин Александр Константинович** – руководитель научного направления «Оптимальное питание» ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, д. м. н., профессор, e-mail: baturin@ion.ru, тел. +7 (495) 698-53-87
- Беляева Наталия Николаевна** – заведующий лабораторией цитогистологии ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, д. б. н., профессор, РФ, Москва, ул. Погодинская, д.10, строение 1, e-mail: belnatnik@mail.ru, тел. 84992450342
- Будников Борис Олегович** – ведущий научный сотрудник лаборатории экологического сопровождения и экспертизы проектов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к. г. н., 142717, РФ, Московская обл., Ленинский р-н, с/п Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, владение 15, стр. 1, e-mail: B\_Budnikov@vniigaz.gazprom.ru., тел. 8 (498) 657-42-18, доб. 23-40
- Востриков Роман Дмитриевич** – студент магистратуры экологического факультета Российского государственного гидрометеорологического университета
- Вострикова Марина Валерьевна** – лаборант-исследователь лаборатории цитогистологии ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, РФ, Москва, ул. Погодинская, д.10, строение 1, e-mail: maryvos@yandex.ru., тел. 89636048294
- Дьяченко Александр Владимирович** – Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, e-mail: alvdyachenko@yandex.ru., тел. +79231607511
- Ефимова Алиса Александровна** – студент Института наук о Земле, Тюменский государственный университет, e-mail: alisaefimovatmn@mail.ru, тел. 89829186819
- Ефимова Наталья Васильевна** – ведущий научный сотрудник лаборатории эколого-гигиенических исследований ФБГНУ ВСИМЭИ, д. м. н., профессор, e-mail: medecolab@inbox.ru, тел.: 89148921947, 8 (3955) 554085,
- Иванюк Таисия Васильевна** – магистрант Института наук о Земле, Тюменский государственный университет, e-mail: ivanyuk-taisiya@mail.ru, тел. 89324881317
- Ильякова Елена Евгеньевна** – ведущий научный сотрудник Лаборатории экологического сопровождения и экспертизы проектов, кандидат географических наук e-mail: E\_Ilyakova@vniigaz.gazprom.ru, тел.: 8 (498) 657-4062, 657-4218; доб. 23-23

- Камбаров Алексей Олегович** – временно исполняющий обязанности заместителя директора по научной работе, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, д. э. н.,  
e-mail: kambarov@ion.ru, тел. +7 (495) 698-53-47
- Каменецкая Дарья Борисовна** – старший научный сотрудник лаборатории гигиены питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов, ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, к. х. н.,  
e-mail: awme@mail.ru., тел. 8-499-246-76-74
- Кешабянц Эвелина Эдуардовна** – старший научный сотрудник ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, к. м. н.,  
e-mail: evk1410@mail.ru
- Кириллов Владимир Викторович** – заведующий лабораторией Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, к. б. н.,  
656038, РФ, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1,  
e-mail: vkirillov@iwer.ru., тел. +79095006003
- Кобелькова Ирина Витальевна** – старший научный сотрудник ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, к. м. н.,  
e-mail: irinavit66@mail.ru
- Ковешников Михаил Иванович** – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, к. б. н.,  
656038, РФ, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1,  
e-mail: kovechnikov@iwer.ru., тел. +79095006003
- Коденцова Вера Митрофановна** – руководитель лаборатории ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», д. б. н.
- Колесников Роман Александрович** – ведущий научный сотрудник, заведующий сектором геолого-географических исследований отдела естественно-научных исследований государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», к. г. н.,  
e-mail: roman387@mail.ru., тел. 8-912-433-02-50
- Коновалов Александр Александрович** – главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН, Тюменский индустриальный университет, д. т. н., к. г. н., профессор,  
РФ, г. Тюмень-48, ул. М. Тореза, 2-210,  
e-mail: Konov7@rambler.ru., тел. 8 (3452) 40-19-89
- Кормильцева Анна Андреевна** – магистрант Института наук о Земле, Тюменский государственный университет,  
e-mail: kormiltseva.an@yandex.ru, тел. 8-952-677-91-41
- Красненко Александр Сергеевич** – старший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований отдела естественно-научных исследований государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард  
e-mail: aleks-krasnenko@yandex.ru, тел. +7 (922) 040-60-99
- Листишенко Андрей Александрович** – руководитель службы ветеринарии Ямало-Ненецкого автономного округа, к. в. н.,  
e-mail: slugba@sv.yanao.ru, тел. 8-902-816-56-41
- Лужков Виктор Александрович** – научный сотрудник Лаборатории биотехнологических исследований  
e-mail: V\_Luzhkov@vniigaz.gazprom.ru, тел.: 8 (498) 657-4062, 657-4218;–  
доб. 23-33

- Макеев Вячеслав Михайлович** – заведующий кафедрой природопользования Российского государственного гидрометеорологического университета, почетный профессор Государственной Полярной академии, к. г. н., профессор, Почетный работник Гидрометеослужбы
- Малыгина Наталья Сергеевна** – старший научный сотрудник ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», к. г. н.,  
e-mail: natmgn@gmail.ru., тел. 8 (3852) 36-46-75
- Мартинчик Арсений Николаевич** – ведущий научный сотрудник ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Москва, д. м. н.,  
e-mail: arsmartin@yandex.ru, тел. +7 (495) 698-53-87
- Михайлова Руфина Иринарховна** – заведующий лабораторией гигиены питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов, ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, д. м. н., профессор,  
e-mail: awme@mail.ru., тел. 8-499-246-76-74
- Московченко Дмитрий Валерьевич** – заведующий сектором геоэкологии Института проблем освоения Севера СО РАН, д. г. н.,  
домашний адрес: РФ, г. Тюмень, ул. Моторостроителей, 4а-148,  
e-mail: Land@ipdn.ru., тел. 8 (3452) 37-62-81
- Муждаба Ольга Валериевна** – научный сотрудник Арктического и антарктического научно-исследовательского института,  
199397, РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38,  
e-mail: aqua\_olga@aari.ru., тел. (812) 337-31-59
- Мыльникова Инна Владимировна** – старший научный сотрудник лаборатории эколого-гигиенических исследований ФБГНУ ВСИМЭИ, к. м. н.,  
665827, РФ, г. Ангарск, 12-а микрорайон, д. 3, ФБГНУ ВСИМЭИ,  
e-mail: 71miv@rambler.ru
- Никитюк Дмитрий Борисович** – член-корреспондент РАН, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», д. м. н., профессор
- Оленченко Владимир Владимирович** – старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, к. г. м. н.,  
630090, РФ, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3,  
e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru.
- Папина Татьяна Савельевна** – начальник Химико-аналитического центра ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», д. х. н.,  
e-mail: papina@iwer.ru., тел. (3852) 66-64-42
- Печкин Александр Сергеевич** – младший научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований отдела естественно-научных исследований государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», г. Надым  
e-mail: a.pechkin.ncia@gmail.com., тел. +7 (982) 160-08-15
- Плетянова Ирина Валерьевна** – судебно-медицинский эксперт отдела повторных и сложных судебно-медицинских экспертиз ФГБУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Министерства здравоохранения Российской Федерации;  
старший инженер лаборатории геоэкологии севера географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,  
РФ, г. Москва, ул. 5-я Магистральная, д. 18, кв. 13,  
e-mail: smepletyn@yandex.ru., тел. 8-910-482-32-27,

- Погожева Алла Владимировна** – ведущий научный сотрудник ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», д. м. н., профессор
- Попадько Наталия Владимировна** – заместитель директора Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к. т. н., 142717, РФ, Московская обл., Ленинский р-н, с/п Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, владение 15, стр. 1, e-mail: N\_Popadko@vniigaz.gazprom.ru., тел. 8 (498) 657-42-18; доб. 23-40
- Приходько Николай Владиславович** – начальник отдела дистанционного зондирования земли и ГИС НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов Тюменского государственного университета, e-mail: prihnick@yandex.ru., тел. 8-919-926-50-42
- Пыстина Наталья Борисовна** – директор Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к. э. н., 142717, РФ, Московская обл., Ленинский р-н, с/п Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, владение 15, стр. 1, e-mail: N\_Pystina@vniigaz.gazprom.ru., тел.: 8 (498) 657-4062, 8 (498) 657-4218; доб. 23-49
- Рожковский Евгений Витальевич** – руководитель направления «Волонтеры Арктики» МОЭО «Зеленая Арктика»
- Романова Елена Николаевна** – руководитель эколого-аналитической лаборатории Российского государственного гидрометеорологического университета
- Румянцева Елена Владимировна** – научный сотрудник Арктического и антарктического научно-исследовательского института, к. г.х. н., 199397, РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, e-mail: rev@aari.ru., тел. (812) 337-31-59
- Рыжова Ирина Николаевна** – ведущий научный сотрудник лаборатории гигиены питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов, ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, к.м.н., e-mail: awme@mail.ru., тел. 8-499-246-76-74
- Саева Ольга Петровна** – научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, РФ, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, к. г-м. н., e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru
- Салтыков Алексей Владимирович** – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, 656038, РФ, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, e-mail: saltykovav@iwer.ru., тел. +79132720700
- Семенюк Иван Петрович** – лаборант государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», г. Надым
- Сизов Олег Сергеевич** – старший научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН, к. г. н., e-mail: kabanin@yandex.ru, тел. 8-985-786-66-28
- Соромотин Андрей Владимирович** – директор НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов Тюменского государственного университета, д. б. н., e-mail: a.v.soromotin@utmn.ru, тел. 8-3452-41-00-59

- Синицкий Антон Иванович** – директор государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», к. г-м н., 629008, РФ, г. Салехард, ул. Республики, 73, e-mail: geolosoph@gmail.com
- Табуркин Лев Александрович** – инженер-эколог ЗАО «ТюменьНИПИнефть» e-mail: taburkin92@mail.ru, тел. 8-922-485-10-13
- Тигеев Александр Анатольевич** – старший научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН, к. г. н., домашний адрес: РФ, г. Тюмень, ул. Широтная, 185-40, e-mail: ttrruubbaa@mail.ru., тел. +7 9222609743
- Тимкин Александр Владимирович** – главный специалист Российского центра освоения Арктики, г. Салехард, 629007, РФ, ЯНАО, г. Салехард, ул. Пушкина, д. 44, e-mail: info@rcoa.ru., тел. +79028162566
- Унаниян Константин Леонович** – исполняющий обязанности начальника Лаборатории экологического сопровождения и экспертизы проектов, к. г. н., e-mail: K\_Unanyan@vniigaz.gazprom.ru, тел.: 8 (498) 657-4062, 657-4218; доб. 23-39, 21-95
- Хохлачев Николай Сергеевич** – исполняющий обязанности начальника Лаборатории биотехнологических исследований, к. т. н., e-mail: N\_Khokhlachev@vniigaz.gazprom.ru, тел.: 8 (498) 657-4062, 657-4218; доб. 23-46
- Шестакова Елена Николаевна** – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета, 199034, РФ, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, e-mail: lenny.marlya.spb@gmail.com., тел. (812) 328-94-55
- Шинкарук Елена Владимировна** – научный сотрудник сектора эколого-биологических исследований отдела естественно-научных исследований государственного казенного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», e-mail: elena1608197@yandex.ru, тел. +7 (922) 283-02-22
- Эйрих Алла Николаевна** – научный сотрудник ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», к. т. н., e-mail: steyrikh@gmail.com., тел. (3852) 36-46-75.
- Юркевич Наталия Викторовна** – старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, РФ, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, к. г-м н.; доцент кафедры геофизических систем Новосибирского государственного технического университета, 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20; преподаватель кафедры химии окружающей среды Новосибирского государственного университета, 630090, РФ, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 2, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru
- Юрченко Валентина Васильевна** – старший научный сотрудник лаборатории генетической токсикологии ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» МЗ РФ, к. м. н., РФ, Москва, Погодинская ул., д.10, строение 1, e-mail: vvyurcinko@mail.ru., тел. 84992464813



