

СТАТЬИ

УДК 504.4.062.2

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД МАЛЫХ ОЗЕР
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В.***ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, e-mail: agbelena@yandex.ru*

В настоящее время все более весомый вклад в формирование химического состава вод суши вносит хозяйственная деятельность человека. Цель исследования заключается в изучении состояния поверхностных вод малых озер, расположенных на территории нефтегазодобывающих районов Ямало-Ненецкого автономного округа и оценке уровня их загрязнения. В работе представлены результаты оригинальных исследований химического состава 25 озер, расположенных в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины на исследовательских участках: Лонгьюганский, Надымский, Правохеттинский, Пуровский и Тазовский. В пробах поверхностных вод проводилось определение биогенных элементов, тяжелых металлов, органических веществ, нефтепродуктов. В озерных водах установлены повышенные концентрации органических веществ, ионов аммония, фосфат-ионов, Fe, Mn, Al, Cu. К антропогенно-привнесённым химическим веществам в изученных поверхностных водах относятся нефтепродукты – основной загрязнитель, сопутствующий нефтедобыче. Значительные загрязнения поверхностных вод выявлялись в озерах Пуровского, Тазовского и Лонгьюганского участков. В озерных водах Пуровского участка уровни нефтепродуктов достигали 8,3 ПДК и 17,4 ПДК. В малых озерах Тазовского полуострова концентрации нефтепродуктов превышали нормативные уровни и составляли соответственно 6,1 ПДК и 7,4 ПДК. На Лонгьюганском участке в поверхностных водах озер выявлялись загрязнения нефтепродуктами в концентрациях 6,4 ПДК и 5,8 ПДК. Анализ гидрохимических показателей позволил выявить малые озера, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке – озера Пуровского участка. Интегральная оценка качества поверхностных вод в большей степени указывает на гидрохимические и геохимические особенности территории. Количественные оценки качества вод требуют разработки новых методов, объективно и с учетом региональной специфики отражающих существующее качество воды.

Ключевые слова: Надым-Пур-Тазовский регион, малые озера, гидрохимические показатели, качество природных вод, аммонийный азот, нефтепродукты, фосфаты

**CHEMICAL COMPOSITION OF WATER OF SMALL LAKES OF OIL
AND GAS DIVING REGIONS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA****Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V.***GKU YaNAO Scientific Center for the Study of the Arctic, Salekhard, e-mail: agbelena@yandex.ru*

At present, human economic activity is making an increasingly important contribution to the formation of the chemical composition of land waters. The purpose of the study is to study the state of surface waters of small lakes located on the territory of oil and gas producing areas of the Yamalo-Nenets Autonomous District and to assess their level of pollution. The paper presents the results of an original study of the chemical composition of 25 lakes located in the subzone of the northern taiga of the West Siberian Plain on research sites: Longyugansky, Nadym, Pravohetta, Purovsky and Tazovsky. In surface water samples, nutrient elements, heavy metals, organic substances, oil products were determined. In lake waters, elevated concentrations of organic substances, ammonium ions, phosphate ions, Fe, Mn, Al, Cu are established. Anthropogenically introduced chemicals in the studied surface waters include petroleum products – the main pollutant associated with oil production. Significant pollution of surface waters was detected in the lakes of the Purovsky, Tazovsky and Longyugansky areas. In the lake waters of the Purovsky area, the levels of oil products reached 8.3 MPC and 17.4 MPC. In small lakes of the Tazovsky peninsula, the concentrations of oil products exceeded the normative levels and amounted to 6.1 MPC and 7.4 MPC, respectively. At the Longyugansky site, surface contamination of the lakes revealed oil pollution at concentrations of 6.4 MPC and 5.8 MPC. The analysis of hydrochemical indicators allowed us to identify small lakes exposed to the greatest anthropogenic load – the lakes of the Purovsky site. Integral assessment of the quality of surface water to a greater extent indicates hydrochemical and geochemical features of the territory. Quantitative assessments of water quality require the development of new methods, objectively and taking into account regional specificities reflecting the existing water quality.

Keywords: Nadym-Pur-Taz region, small lakes, hydrochemical indicators, natural water quality, ammonium nitrogen, petroleum products, phosphates

Водные ресурсы Ямало-Ненецкого автономного округа представлены многочисленными реками, озерами, болотами и заливами Карского моря, эстуариями Оби и Таза. Формирование химического состава поверхностных вод происходит под влиянием многих факторов. Определяющее значение имеют физико-географические ус-

ловия: климат, рельеф, горные породы, почвы и растительность. В настоящее время все более весомый вклад в сложные многокомпонентные водные системы вносит хозяйственная деятельность человека [1–3]. Интенсивное промышленное освоение территории Надым-Пур-Тазовского экономического региона приводит к загрязнению во-

дных объектов и значительному снижению качества вод. Исследование экологического состояния водных экосистем необходимо для получения данных о текущем состоянии водных ресурсов и своевременного выявления загрязнений в процессе хозяйственной деятельности, оценки и прогнозирования развития ситуации в дальнейшем [4, 5].

Цель исследования: изучить состояние поверхностных вод малых озер, расположенных на территории нефтегазодобывающих Надымского и Пуровского районов Ямало-Ненецкого автономного округа, и оценить уровень их загрязнения.

Материалы и методы исследования

Представлены результаты оригинальных исследований химического состава 25 озер, расположенных в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины (рис. 1). По морфометрическим показателям обследованные озера относятся к малым (площадь зеркала менее 10 км²).

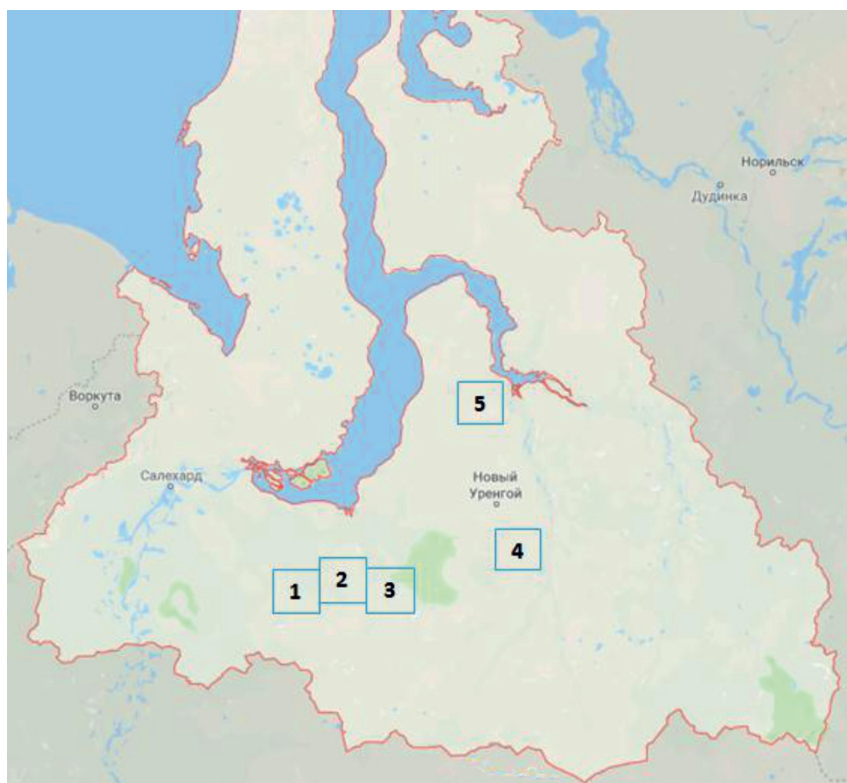
Отбор проб проводился с учетом требований ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Отбор осуществлялся с глубины 0,3–0,5 м в количестве 5 л в полиэтиленовые бутылки для общего ги-

дрохимического анализа и 1 л в бутылки из темного стекла для определения содержания нефтепродуктов.

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

В пробах поверхностных вод проводилось определение следующих показателей: рН, минерализация, биогенные элементы (аммонийный азот, фосфаты), кальций, магний, кремний и тяжелые металлы (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb), органические вещества (по ХПК), АПАВ, нефтепродукты,

Определения показателей проводились следующими методами: рН – потенциометрическим методом, кальций – титриметрическим методом, магний – хроматографическим методом, нефтепродукты – флуориметрическим методом, кремний, аммоний, фосфаты, АПАВ – спектрометрическим методом, валовое содержание элементов – методом эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.



География исследований. Примечание. 1 – Лонгъюганский участок, 2 – Надымский участок, 3 – Правохеттинский участок, 4 – Пуровский участок, 5 – Тазовский участок

Результаты исследования и их обсуждение

Гидрохимической особенностью территории ЯНАО является низкая минерализация вод. Снеговое питание и пресные мономинеральные породы зоны аэрации, торфяные и песчаные почвы обуславливают малое содержание солей в поверхностных водах. Высокая цветность и окисляемость также относятся к характерным показателям состояния поверхностных вод севера Западной Сибири [4, 5]. Коричневый оттенок природных вод связан с большим количеством комплексных соединений гумусовых кислот, вымываемых из органической массы торфов и лесной подстилки.

Кислотно-щелочной показатель обследованных вод варьировал от 4,9 до 7,3 ед. рН (табл. 1). Минимальные уровни водородного показателя поверхностных вод выявлены в озерах Тазовского полуострова. Вода трех из пяти обследованных озер относилась к группе кислых природных вод. Исследованные озерные воды не соответствовали экологическим нормативам по показателю рН, за исключением одного озера на Надымском участке.

Высокая окисляемость поверхностных вод исследованных озер выявлена на Лонгъюганском и Надымском участках и связана с большим количеством природной органики, поступающей из болот и торфяников. Среднее значение перманганатной окисляемости высокое в озерах Надымского участка ($10,37 \pm 2,57$ мгО₂/дм³).

Аммонийная форма азота в поверхностных водах Западной Сибири имеет повышенные концентрации. Связано это с природными причинами – с низкой скоростью разложения органических веществ и анаэробными условиями разложения на дне водоемов [3, 7]. Аммонийный азот является индикатором сброса неочищенных хозяйственно-бытовых стоков. Средние концентрации аммонийного азота превышают экологические нормы на Тазовском и Лонгъюганском участках ($1,432 \pm 0,925$ мг/дм³ и $0,732 \pm 0,308$ мг/дм³; ПДК_{рх} составляет 0,5 мг/дм³). На Тазовском участке три озера относятся к «грязным» по уровню содержания ионов аммония. Самые чистые озера на Правохеттинском участке.

Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) выявлены в поверхностных водах, в концентрациях превышаю-

щих ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, только в озерах Лонгъюганского участка. Во всех остальных обследованных озерах концентрация АПАВ была ниже фоновых значений.

Средняя концентрация фосфатов в поверхностных водах обследованных озер более чем в два раза превышает экологические нормативы ($0,417 \pm 0,687$ мг/дм³; ПДК_{рх} составляет 0,2 мг/дм³). Поверхностные воды двух малых озер Надымского участка содержали 1,4 ПДК и 2,1 ПДК ионов НРО₄²⁻ соответственно. Значительное превышение нормы фосфатов выявлено в озерах Пуровского участка – от 2,1 ПДК до 13,1 ПДК.

Нефтепродукты являются типичными загрязнителями водной среды севера Западной Сибири. Средние концентрации нефтепродуктов в обследованных озерах более чем в 3 раза превышали ПДК. Значительные загрязнения поверхностных вод выявлялись в озерах Пуровского, Тазовского и Лонгъюганского участков. В озерных водах Пуровского участка уровни нефтепродуктов достигали 8,3 ПДК и 17,4 ПДК. В малых озерах Тазовского полуострова концентрации нефтепродуктов превышали нормативные уровни в двух озерах и составляли соответственно 6,1 ПДК и 7,4 ПДК. На Лонгъюганском участке в поверхностных водах озер выявлялись загрязнения нефтепродуктами в концентрациях 6,4 ПДК и 5,8 ПДК. Литературные источники указывают на возможность природного загрязнения водной среды нефтепродуктами (нефтяными углеводородами) до концентраций равных 1,0 мг/дм³ и 1,5 мг/дм³ [7, 8].

Высокие концентрации железа и марганца в поверхностных водах Ямало-Ненецкого автономного округа являются типичными и связаны с геохимическими особенностями территории и поступают в окружающую среду в процессе химического выветривания горных пород и минералов, высокой подвижностью соединений этих элементов в условиях болот [3, 9]. Средние величины концентраций железа и марганца в озерных водах всех участков превышали ПДК (табл. 2). Максимальные концентрации железа в поверхностных водах показаны для озер Надымского района. Озёра Правохеттинского и Тазовского участков содержали железа в пределах экологических норм. Содержание марганца в поверхностных водах было наибольшим в озерах Лонгъюганского участка.

Таблица 1
Гидрохимические показатели поверхностных вод малых озер Надым-Пуровского междуречья

Водные объекты	pH	Жесткость, °Ж	Перманганатная окисляемость, мГО ₂ /дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	АПAB, мг/дм ³	Фосфат, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
Участок № 1 (Лонгъюганский) (n = 7)	$5,46 \pm 0,15$ 5,2–5,7	$0,13 \pm 0,01$ <0,1–0,14	$3,93 \pm 4,81$ 1,0–15,0	$0,732 \pm 0,308$ 0,172–1,0	$0,022 \pm 0,001$ <0,015–0,024	$0,043 \pm 0,017$ <0,01–0,057	$0,131 \pm 0,113$ 0,026–0,321
Участок № 2 (Надымский) (n = 3)	$6,47 \pm 0,59$ 6,0–7,3	$0,58 \pm 0,44$ <0,1–1,02	$10,37 \pm 2,57$ 8,5–14,0	$0,414 \pm 0,073$ 0,333–0,51	$0,019 \pm 0,000$ <0,015–0,019	$0,258 \pm 0,148$ 0,066–0,427	$0,0295 \pm 0,0025$ <0,02–0,032
Участок № 3 (Правохеттинский) (n = 5)	$5,78 \pm 0,47$ 5,4–6,4	$0,19 \pm 0,05$ 0,14–0,26	$2,26 \pm 0,79$ 1,3–3,1	$0,224 \pm 0,085$ <0,04–0,309	$0,020 \pm 0,000$ <0,015–0,020	<0,01	$0,079 \pm 0,035$ 0,023–0,110
Участок № 4 (Пуровский) (n = 5)	$5,52 \pm 0,32$ 5,1–5,9	<0,1	$2,92 \pm 2,33$ 1,1–6,0	$0,290 \pm 0,164$ <0,04–0,506	$0,017 \pm 0,001$ <0,015–0,018	$1,331 \pm 0,937$ <0,01–2,62	$0,453 \pm 0,025$ <0,02–0,87
Участок № 5 (Газовский) (n = 5)	$5,14 \pm 0,44$ 4,8–6,0	$0,14 \pm 0,03$ 0,11–0,19	$2,98 \pm 0,94$ 1,7–4,0	$1,432 \pm 0,925$ 0,323–2,590	$0,017 \pm 0,000$ <0,015–0,017	<0,01	$0,20 \pm 0,142$ <0,02–0,372
M ± σ	$5,62 \pm 0,55$ 4,9–7,3	$0,211 \pm 0,207$ <0,1–1,02	$3,92 \pm 3,68$ 0,68–8,6	$0,696 \pm 0,638$ <0,04–2,59	$0,022 \pm 0,001$ <0,015–0,024	$0,417 \pm 0,687$ <0,01–2,62	$0,181 \pm 0,191$ <0,02–0,87
ПДКрх	6,5–8,5	7,0 (х/п)	5,0 (х/п)	0,5	0,2	0,2	0,05
Фон*	6,93–7,35	–	–	0,52–0,78	0,03–0,056	0,038–0,046	0,016–0,028

Примечание. В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – пределы содержания; ПДКрх – экологические нормы для водоемов рыбохозяйственной категории; * – данные для Надымского, Пуровского и Газовского районов (по [6]).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах малых озер Надым-Пуоровского междуречья

Водные объекты	Zn, мг/дм ³	Cu, мг/дм ³	Cr, мг/дм ³	Ni, мг/дм ³	Pb, мг/дм ³	Si, мг/дм ³	Al, мг/дм ³	Mn, мг/дм ³	Fe, мг/дм ³
Участок № 1 (Лонгъяганский) (n = 7)	0,005 ± 0,005 <0,0005–0,0113	0,0032 ± 0,0006 <0,0005–0,0039	<0,001	0,005 ± 0,002 0,001–0,009	0,0236 ± 0,0185 0,0051–0,042	<0,5	0,03 ± 0,02 <0,01–0,06	0,06 ± 0,04 <0,01–0,09	0,76 ± 0,76 <0,1–1,82
Участок № 2 (Надымский) (n = 3)	0,003 ± 0,003 <0,0005–0,0058	0,0013–0,0002 <0,0005–0,0016	0,001 ± 0,0003 0,0003–0,0017	0,002 ± 0,001 0,001–0,003	0,0006 ± 0,0001 0,0005–0,0007	2,9 ± 2,4 <0,5–5,3	0,03 ± 0,006 <0,01–0,03	0,02 ± 0,00 <0,01–0,02	1,24 ± 0,59 0,57–2,0
Участок № 3 (Правохеттинский) (n = 5)	0,0005 ± 0,0001 <0,0005–0,0005	0,0031 ± 0,0008 0,0023–0,0045	<0,001	0,003 ± 0,001 <0,001–0,003	0,0058 ± 0,0018 0,0034–0,0077	0,8 ± 0,02 <0,5–0,8	0,05 ± 0,03 0,015–0,07	<0,01	<0,1
Участок № 4 (Пуровский) (n = 5)	0,002 ± 0,0003 <0,0005–0,0017	0,0008–0,0003 <0,0005–0,0012	<0,001	0,001 ± 0,0001 <0,001–0,001	0,0003 ± 0,0001 0,0002–0,0003	0,6 ± 0,004 <0,5–0,6	0,16 ± 0,08 <0,01–0,20	<0,01	0,94 ± 0,02 <0,1–0,96
Участок № 5 (Газовский) (n = 5)	0,001 ± 0,0003 <0,0005–0,0012	0,0036–0,0009 0,0027–0,0052	<0,001	0,003 ± 0,001 0,002–0,006	<0,0001	1,8 ± 0,00 <0,5–1,8	0,03 ± 0,01 0,03–0,04	0,02 ± 0,00 <0,01–0,018	<0,1
M ± Б	0,003 ± 0,003 <0,001–0,042	0,0027 ± 0,0012 <0,0005–0,0052	0,002 ± 0,001 <0,001–0,003	0,003 ± 0,002 <0,001–0,009	0,0062 ± 0,0103 <0,0001–0,042	1,3 ± 1,4 <0,5–1,8	0,06 ± 0,06 <0,01–0,20	0,04 ± 0,03 <0,01–0,09	0,91 ± 0,57 <0,1–1,82
ПДКрх	0,01	0,001	0,4	0,01	0,006	10,0	0,04	0,01	0,1
Фон*	0,0066–0,0095	0,00098–0,0013	0,007–0,008	0,0023–0,0032	0,00137–0,0017	–	–	0,024–0,044	0,63–2,11

Примечание. В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – пределы содержания, * – данные для Надымского, Пуоровского и Газовского районов (по [1]).

Алюминий поступает в окружающую среду в результате растворения бокситов, алюмосиликатов, глин. Возможен аэротехногенный путь поступления алюминия в водную среду с атмосферными осадками [8]. В кислой среде алюминий находится в виде подвижных гидроксидов $Al(OH)_2^+$. Максимальные концентрации алюминия выявлялись в поверхностных водах малых озер Пуровского района. Уровни алюминия в воде трех озер в 5 раз превышали ПДК. На первом и третьем участках в поверхностных водах также отмечались высокие концентрации алюминия, но не более чем 2 ПДК.

Превышения концентраций цинка в поверхностных водах исследованных озер не выявлено, за исключением одного озера Лонгъюганского участка, воды которого содержали 1,1 ПДК цинка.

Средние концентрации меди в малых озерах Надым-Пуровского междуречья составляли 2,7 ПДК и превышали фоновый уровень. На Правохеттинском и Тазовском участках превышение ПДК по меди выявлялось в 100% обследованных озер с максимальным значением 5,2 ПДК.

Средние содержания свинца в обследованных озерах незначительно превышают экологические нормативы. В обследованных озерах Лонгъюганского участка среднее содержание свинца составляло $0,024 \pm \pm 0,019$ мг/дм³. Загрязнение поверхностных вод свинцом, выявленное в озере Лонгъюганского участка, достигало уровня 7 ПДК и в Правохеттинских озерах – 1,3 ПДК. Известно, что в кислой среде увеличивается миграционная активность многих металлов.

Воды Лонгъюганских и Надымских озер относились к 3 и 4 классам качества с умеренно загрязненными и загрязненными водами. Правохеттинские озера имели наилучшие показатели качества по сравнению с другими участками. Индексы загрязнения воды Правохеттинских озер находились в интервале от 0,9 до 1,3. Поверхностные воды озера б/н № 3, расположенного на Пуровском участке, отличались повышенным индексом загрязнения вод – 5,9, что соответствует 5 классу качества: «грязные воды». Поверхностные воды малых озер Тазовского полуострова относятся к разным классам качества: от 2 класса «чистые воды» до 4 класса «загрязненные воды».

Выводы

Поверхностные воды каждого третьего обследованного озера относились к чистым

водам, каждого второго – к загрязненным водам. Основную роль в формировании качества поверхностных вод играет так называемое «природное загрязнение» – смыв загрязняющих веществ с прибрежных территорий озер. Интегральная оценка качества поверхностных вод ведет к простому осреднению показателей и в большей степени отражает гидрохимические и геохимические особенности территории. Количественные оценки качества вод требуют разработки новых методов, объективно и с учетом региональной специфики отражающих существующее качество воды. Анализ гидрохимических показателей позволил выявить малые озера, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке – озера Пуровского участка.

Исследования проведены в 2015 г. в рамках темы НИР «Экологический мониторинг исконной среды обитания коренного малочисленного населения Ямало-Ненецкого автономного округа».

Список литературы / References

1. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Дину М.И. Закисление вод: Уязвимость и критические нагрузки. М.: ЛЕНАНД, 2017. 400 с.
2. Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Dinu M.I. Water Acidification: Vulnerability and Critical Loads. М.: LENAND, 2017. 400 p. (in Russian).
3. Лезин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 62–69.
4. Lezin V.A. Water resources of rivers and lakes of the Tyumen region // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. № 12. P. 62–69 (in Russian).
5. Моисеенко Т.И., Калабин Г.В., Хорошавин В.Ю. Закисление водосборов арктических регионов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 2. С. 49–58.
6. Moiseenko T.I., Kalabin G.V., Khoroshavin V.Yu. Acidification of Drained Areas of Arctic Regions // News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series. 2012. № 2. P. 49–58 (in Russian).
7. Гашкина Н.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод малых озер в современных условиях изменения окружающей среды: дис... докт. геог. наук. Москва, 2014. 207 с.
8. Gashkina N.A. Spatio-temporal variability of the chemical composition of the waters of small lakes in modern conditions of environmental change: dis... dokt. geog. nauk. Moskva, 2014. 207 p. (in Russian).
9. 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.
10. Kremleva T.A., Moiseenko T.I., Khoroshavin V.Yu., Shavnin A.A. Geochemical features of natural waters of Western Siberia: the trace element composition // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 12. P. 80–89 (in Russian).
11. Справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня

загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Братск, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://dprg.yanao.ru/documents/active/22460/> (дата обращения: 01.07.2019).

Reference book on the application of average regional values of the content of monitored components at monitoring sites in assessing the state and level of environmental pollution in the Yamalo-Nenets Autonomous District. Bratsk, 2014. [Electronic resource]. URL: <https://dprg.yanao.ru/documents/active/22460/> (date of access: 01.07.2019) (in Russian).

7. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 199 с.

Gagarina O.V. Assessment and regulation of the quality of natural waters: criteria, methods, existing problems: Teaching guide. Izhevsk: Udmurtskiy universitet, 2012. 199 p (in Russian).

8. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Социально-экологический союз, 2000. 148 с.

Guseva, T.V., Molchanova Y.P., Zaika E.A., Vinichenko V.N., Averochnik E.M. Hydrochemical indicators of the state of the environment: reference materials / by ed. T.V. Guseva. M.: Sotsial'no-ekologicheskii soyuz, 2000. 148 p. (in Russian).

9. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.

Babushkin A.G., Moskovchenko D.V., Pikunov S.V. Hydrochemical monitoring of surface waters of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra. Novosibirsk: Nauka, 2007. 152 p (in Russian).