

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ Р. ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА В ЗОНЕ ОПОСРЕДОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНО- ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Климовский Н. В., Морева О. Ю., Матвеев Н. Ю., Новоселов А. П.

ECOLOGICAL STATE OF THE ZIMNYAYA ZOLOTITSA RIVER IN THE AREA OF THE INDIRECT IMPACT OF THE MINING AND PROCESSING PLANT

Klimovskiy N. V., Moreva O. Y., Matveev N. Y., Novoselov A. P.

Аннотация

Введение. Средние реки имеют важное экологическое значение — дренируя значительную площадь водосбора, они определяют водность, качество и режим крупных водотоков. В то же время совместное воздействие таких факторов, как их незначительные размеры и деятельность человека, в конечном итоге нарушает равновесие экосистем, тем самым повышая уязвимость самих рек. Значительные негативные изменения, как правило, происходят быстрее и сильнее в долинах рек. Целью исследований является оценка экологического состояния экосистемы р. Зимняя Золотица в зоне опосредованного воздействия сточных вод горно-обогатительного комбината алмазоносного месторождения им. М. В. Ломоносова. **Методы.** В работе применены общепринятые методики определения основных биогенных элементов и нефтяных углеводородов. **Результаты.** Представлены содержание биогенных элементов в водах, значения водородного показателя, растворенного кислорода и минерализации, а также содержание нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях. **Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что концентрации солей фосфора, азота, кремния и нефтяных углеводородов в летний период наблюдений не превысили предельно допустимых значений для рыбохозяйственных водоемов.

Ключевые слова: река Зимняя Золотица, растворенный кислород, водородный показатель, биогенные элементы, нефтяные углеводороды, донные отложения.

Abstract

Introduction. Medium rivers play an important role in the environment: draining the large catchment area, they determine the water content and quality as well as hydrological conditions in large watercourses. The joint effect of such factors as the small size of these rivers and human activity disturbs the balance of ecosystems, thus increasing the vulnerability of the rivers. Significant negative changes tend to occur faster and stronger in river valleys. Our aim was to study the ecological state of the Zimnyaya Zolotitsa River ecosystem in the area of the indirect impact of wastewater from the mining and processing plant in the Lomonosov diamond field. **Methods.** In the course of the study, we used the standard methods for determining the main biogenic elements and oil hydrocarbons. **Results.** The paper provides data on the content of biogenic elements in water, pH value, dissolved oxygen and mineralization, as well as the content of oil hydrocarbons in water and bottom sediments. **Conclusion.** As a result of the studies, it was found that in the summer observation period, the concentrations of phosphorus, nitrogen and silicon salts as well as oil hydrocarbons did not exceed the maximum allowable values for fishery reservoirs.

Keywords: Zimnyaya Zolotitsa River, dissolved oxygen, pH value, biogenic elements, oil hydrocarbons, bottom sediments.

Введение

Крупнейшее в Европе месторождение алмазов было открыто в Архангельской области в 1980 г. Месторождение им. М. В. Ломоносова расположено в 100 км севернее г. Архангельск (рис. 1, а). В 2005 г. ОАО «Севералмаз» начало опытно-промышленную эксплуатацию месторождения открытым способом. Особенностью расположения первой вскрываемой трубки («Архангельская»)

была ее близость к р. Зимняя Золотица, в которую рядом с трубкой впадали р. Светлая и руч. Светлый. Согласно разработанному проекту, эти водотоки пересекали карьер по мере развития горных работ. В ходе реализации проекта было проведено отведение части естественных русел водотоков в специально строящийся руслоотводной канал, огибающий карьер. При этом из рыбохозяйственного оборота безвозвратно была

изъята часть естественных русел руч. Светлый и р. Зимняя Золотица, являющейся семужье-нерестовым водотоком (рис. 1, б) [9].

На месторождении им. М. В. Ломоносова разработка южной группы трубок сопровождается накоплением и отводом от нескольких источников на поверхности сточных вод различного состава. Система водоотведения представлена в виде скважин, затем откачиваемые воды попадают в специальные отстойники и на выпуске попадают в реки Золотица и Светлую, а также руч. Светлый.

Важным показателем качества вод является величина водородного показателя рН. Он характеризует состояние кислотно-основного равновесия воды. От значений рН зависит возможность развития и существования жизни в водной толще, кроме того, водородный показатель служит характеристикой происхождения и трансформации водных масс.

Согласно [3], в июле 2003 г. был начат крупномасштабный опытно-промышленный эксперимент по сбросу дренажных вод, откачиваемых из карьера, на поверхностное поле фильтрации (ППФ), в качестве которого используется болото, расположенное к западу от трубки в междуречье р. Светлой и ручья Светлого (см. рис. 1). Систе-

ма водоотведения представляет собой рассредоточенный сброс на поверхность болота через специальный лоток длиной 250 м без предварительного использования отстойников. За время эксперимента на поверхность ППФ было сброшено около 730 тыс. м³ карьерных вод с расходом в пределах 20–75 м³/ч, в основном — 25–65 м³/ч. Концентрация нефтяных углеводородов отмечалась лишь в единичных пробах, не превышая их содержания 0,20 мг/л. Карьерные воды относились к гидрокарбонатным. Показатель минерализации не превышал 300 мг/л. Жесткость не превышала 3,5 мг-экв./л. Водородный показатель изменялся в пределах 7,9–8,2 единицы [3].

В настоящее время водоотведение ведется при помощи двух последовательных отстойников, которые расположены выше по течению лотка. При этом наблюдается увеличение концентраций натрия, хлоридов, а также сульфатов в водах карьерного водоотлива. Содержание водородного показателя изменялось от 7,9 до 8,4, что соответствует слабощелочным водам. Показатель минерализации не превышал 310 мг/л. Концентрация нефтяных углеводородов составляла в среднем 0,030–0,035 мг/л, что соответствует уровню естественного фона природной органики [3].

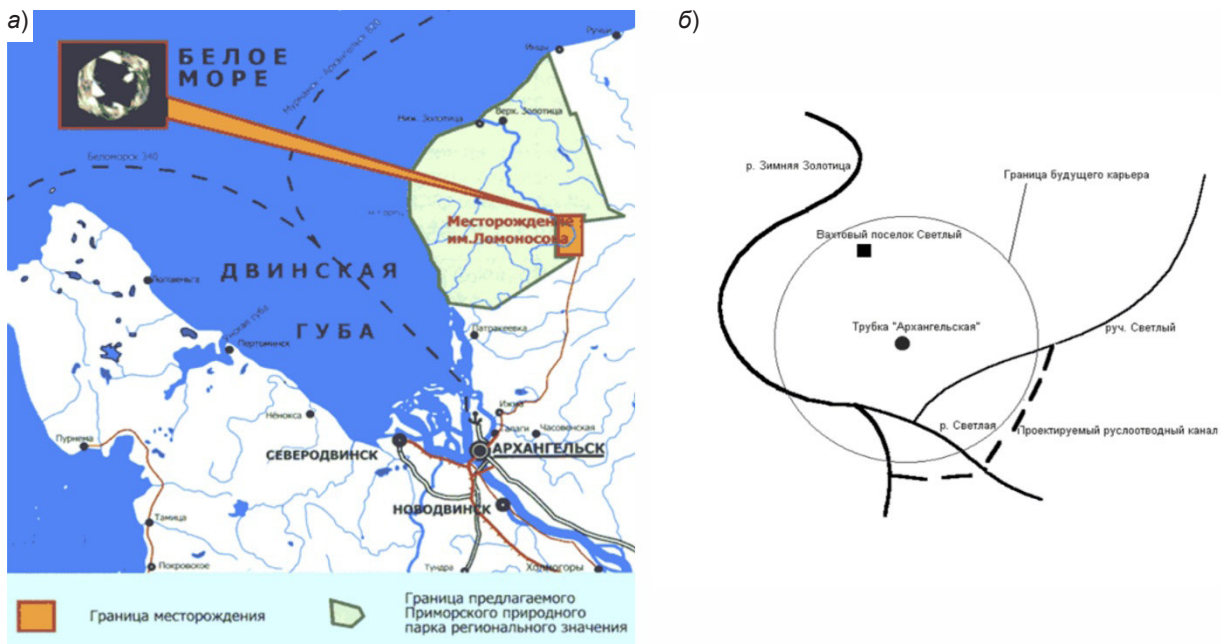


Рис. 1. Расположение месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова (а) и схема прокладки руслоотводного канала при разработке трубки «Архангельская» (б)

Цель работы — оценка экологического состояния экосистемы р. Зимняя Золотица в зоне опосредованного воздействия сточных вод горно-обогачительного комбината (ГОК) алмазонасного месторождения им. М. В. Ломоносова.

Материал и методы

Гидрологические и гидрохимические условия

Река Зимняя Золотица впадает в горло Белого моря. Длина реки составляет 177 км, на ее территории имеется много озер [2]. Заболоченность увеличивается от истока реки до устьевой зоны.

Гидрологический режим реки характеризуется высоким весенним половодьем и короткой летней меженью. Осенью часто отмечаются дождевые паводки. Для зимней межени характерны низкие уровни воды. Тип питания в основном снеговой, гидрокарбонатно-кальциевый состав воды [2]. Показатель минерализации и концентрация возмещенных веществ изменяются в широком диапазоне от 17 до 260 мг/дм³ и от 1,4 до 33 г/м³ в зависимости от времени года соответственно. Концентрация растворенного кислорода в водах изменяется в рамках сезонной изменчивости с максимальными значениями летом и минимальными зимой.

В августе 2020 г. были проведены комплексные гидрологические и гидрохимические ис-

следования на трех разрезах в нижнем течении р. Зимняя Золотица в фазу отлива (рис. 2). Отбор проб донных отложений (ДО) проводился согласно ГОСТ 17.1.5101–80¹. Пробы воды согласно ГОСТ 17.1.3.07–82² отбирались с поверхностного горизонта пластиковым батометром Нискина. В пробах воды определялись следующие показатели: температура, рН, минерализация, содержание растворенного кислорода, биогенных элементов, а также нефтяных углеводородов (НУ).

Химические анализы были проведены в соответствии с общепринятым в гидрохимической практике Руководством³. Растворенный в воде кислород измерялся с помощью оксиметра Cond Oxi 3205, активная реакция среды рН и минерализация воды определялись с помощью портативного рН-метра 3210 и кондуктометра WTW Cond 3310.

¹ ГОСТ 17.1.5.01–80 (1980). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. М.: Издательство стандартов, 5 с.

² ГОСТ 17.1.3.08–82 (1982). Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества морских вод. М.: Издательство стандартов, 20 с.

³ Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана (2003). М.: Изд-во ВНИРО, 202 с.

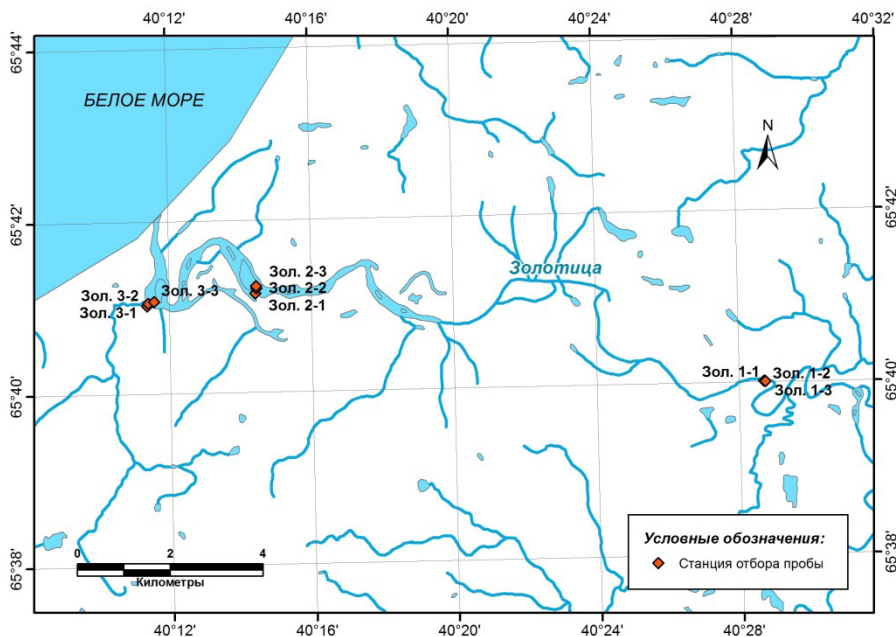


Рис. 2. Станции отбора проб в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

Фосфатный (минеральный) фосфор, нитритный, аммонийный азот и кремний определяли фотометрическим методом согласно Руководству³. Нитратный азот определялся фотометрическим методом с салициловой кислотой с образованием желтого комплексного соединения по ПНД Ф 14.1:2:4.4–95⁴. Для определения массовой концентрации НУ в пробах природных вод применялся флуориметрический метод, основанный на их экстракции гексаном из проб воды, при необходимости очистке экстракта, измерении массовой концентрации нефтяных углеводородов по ПНД Ф 14.1:2:4.128⁵. При определении массовой концентрации НУ в ДО применялся флуориметрический метод, основанный на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости «Флюорат-02»⁶.

⁴ ПНД Ф 14.1:2.4–95. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. М., 1995. 25 с.

⁵ ПНД Ф 14.1:2:4.128–98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2012. 25 с.

⁶ Приказ Минобрнауки РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Результаты исследования и обсуждение

По полученным нами данным распределение водородного показателя на всех исследуемых станциях относительно однородно. Значение рН природной воды исследованной территории не выходит за пределы нормативных значений и составляло в период отбора проб 7,23–7,54 единицы. Исследуемая природная вода имеет нейтральную реакцию (рис. 3).

По степени *минерализации* Алекин О. А. [1] подразделяет воды на четыре группы: малой минерализации (до 200 мг/дм³), средней (200–500 мг/дм³), повышенной (500–1000 мг/дм³) и высокой минерализации (более 1000 мг/дм³). В летний период показатель минерализации в пробах воды был однородным и в среднем составлял 164 мг/дм³. Максимальные значения (183 мг/дм³) были зафиксированы на станции № 3 у левого берега реки (рис. 4). Исходя из полученных данных воды р. Зимняя Золотица можно отнести к группе малой минерализации.

Содержание растворенного кислорода в исследуемом участке реки изменялось от 6,6 до 7,3 мг/дм³. Количество растворенного в воде кислорода является одним из главных гидрохимических показателей и показателем санитарного состояния водного объекта. В соответствии с нормативами качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения содержание растворенного

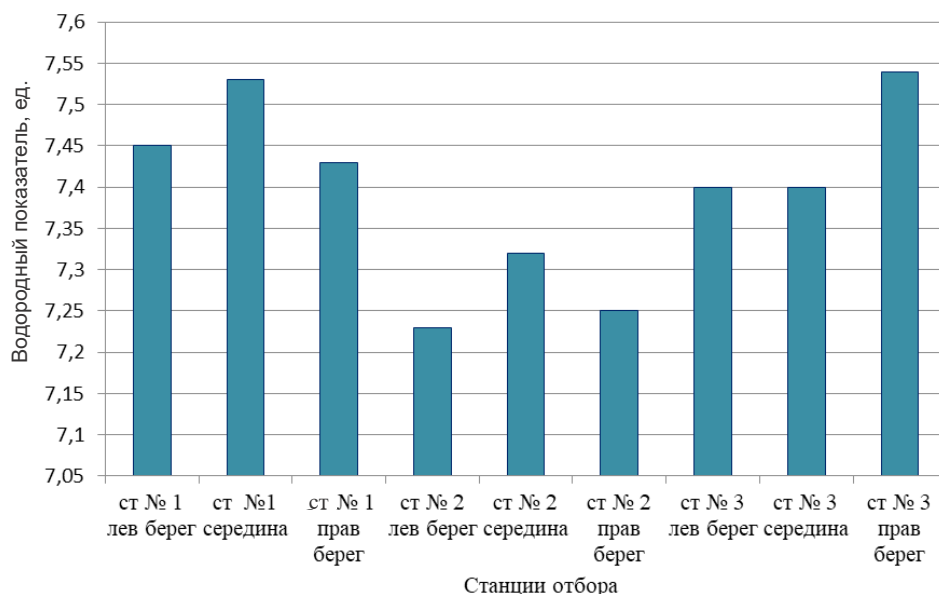


Рис. 3. Значения водородного показателя (рН) в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

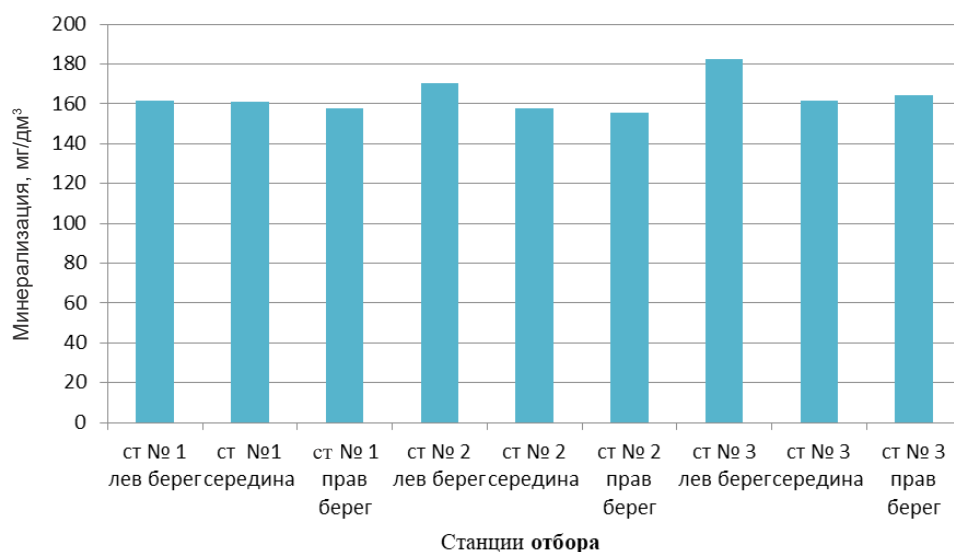


Рис. 4. Показатель минерализации р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

кислорода не должно быть менее $6,0 \text{ мг/дм}^3$ — данный норматив соблюдался во всех исследованных пробах.

Концентрация нитритов в пробах изменялась от $3,17$ до $5,64 \text{ мкгN/л}$ при среднем значении $4,10 \text{ мкгN/л}$. Нитриты являются промежуточным продуктом окисления аммиака или восстановления до нитратов. Их концентрации в пресных водах практически минимальны, повышенное содержание обычно указывает на загрязнение водной среды [8].

Согласно существующим нормативам⁷, критический уровень, равный 20 мкгN/л , не был превышен ни в одной из проанализированных проб (рис. 5).

Содержание нитратов на исследуемом участке изменялось в широких пределах от $65,6$ до $148,1 \text{ мкгN/л}$ (рис. 6). Летом, благодаря потреблению нитратов растениями, их содержание

⁷ Приказ Минобрнауки РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

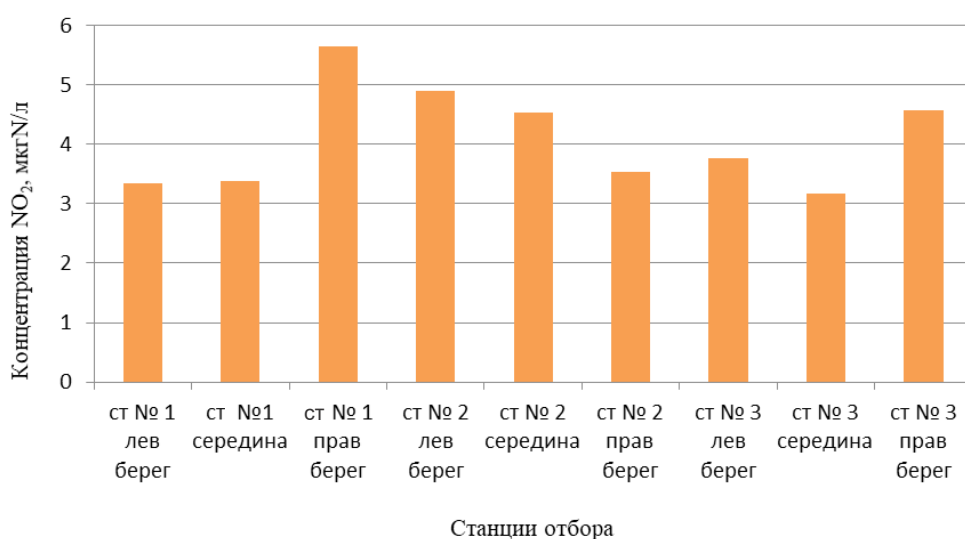


Рис. 5. Содержание нитритов в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

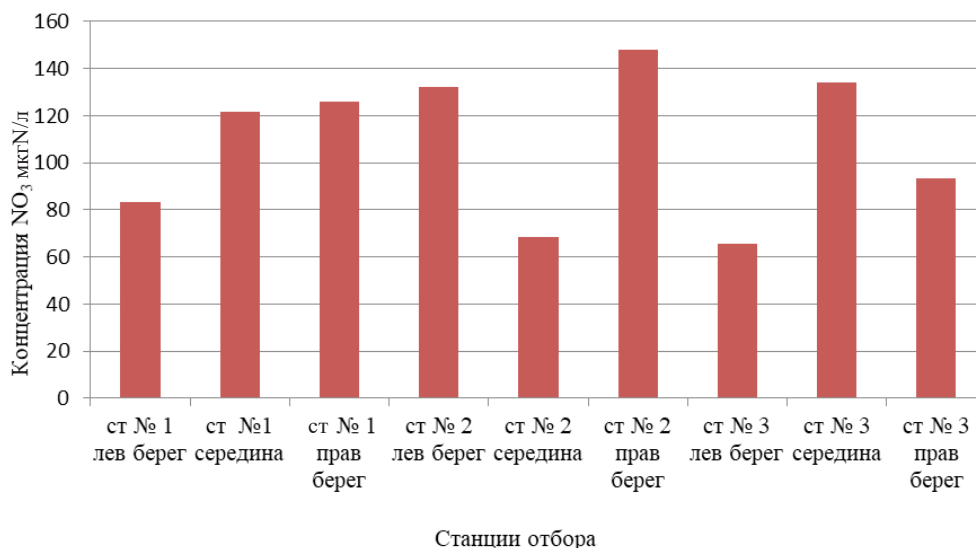


Рис. 6. Содержание нитратов в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

в водных объектах не превышает сотых долей мг/л. Предельное значение содержания нитратов не должно превышать 40 000 мкг/л согласно нормативам⁷. По полученным нами результатам концентрация нитратов в водах нижнего течения р. Зимняя Золотица находится значительно ниже указанного норматива. Нитритный ион является промежуточным продуктом микробиального окисления аммиака или восстановления до нитратных ионов. В водах нитриты переходят в нитраты, и их наличие в воде обычно минимально.

В то же время повышенные дозы нитритов в воде указывают на ее загрязнение [8].

Содержание в воде аммонийного азота на исследованных участках значительно ниже установленной ПДК. Диапазон содержания аммонийного азота составлял 65,15–70,66 мкгN/л (рис. 7). Присутствие ионов аммония в природных водах связано с бактериальным разложением белковых веществ, а также биохимическим разложением азотсодержащих органических соединений (аминокислот, мочевины и пр.). В соответствии

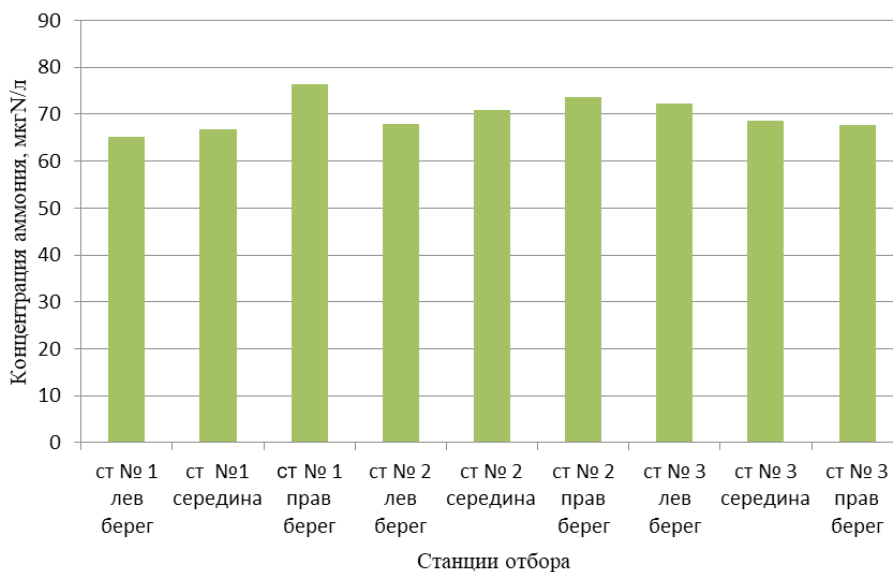


Рис. 7. Содержание аммонийного азота в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

с нормативами⁸, содержание аммонийного азота в водах водных объектов рыбохозяйственного значения не должно превышать 500 мкг/л.

Показатель «общий азот» характеризует валовое содержание всех форм азота в пробах воды, и именно он обычно используется для характеристики антропогенной нагрузки на природную среду. Содержание общего азота в водах исследованного нами района в среднем составило

⁸ Приказ Минобрнауки РФ от 13 декабря 2016 г № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

401,17 мкгN/л. Максимальная концентрация наблюдалась на 3-м разрезе у левого берега реки — 845,8 мкгN/л (рис. 8).

В период исследования средняя концентрация фосфатов составила 14,17 мкгP/л (рис. 9). Фосфор является одним из важнейших биогенных элементов, но высокая концентрация его солей может ограничивать развитие жизни в водоеме. Фосфатный фосфор легко усваивается макрофитами и микроводорослями, поэтому в летний период в поверхностных слоях концентрация минерального фосфора незначительнее, чем в придонных. Повышение содержания фосфатов

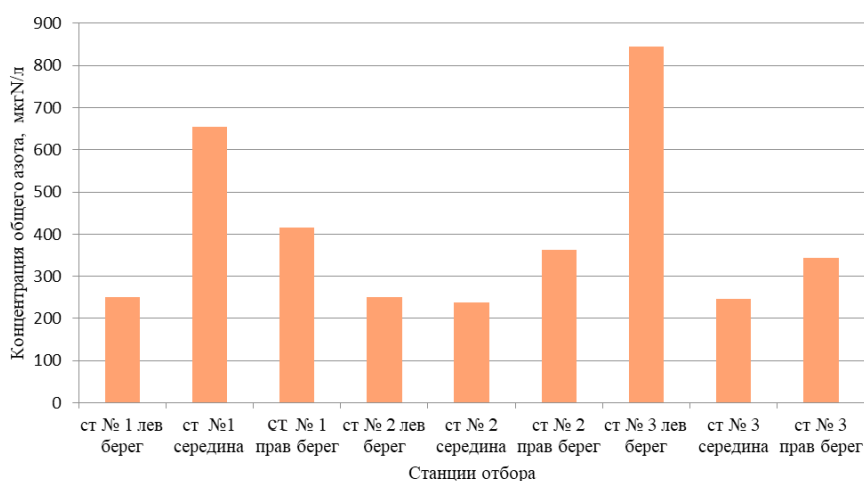


Рис. 8. Содержание общего азота в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

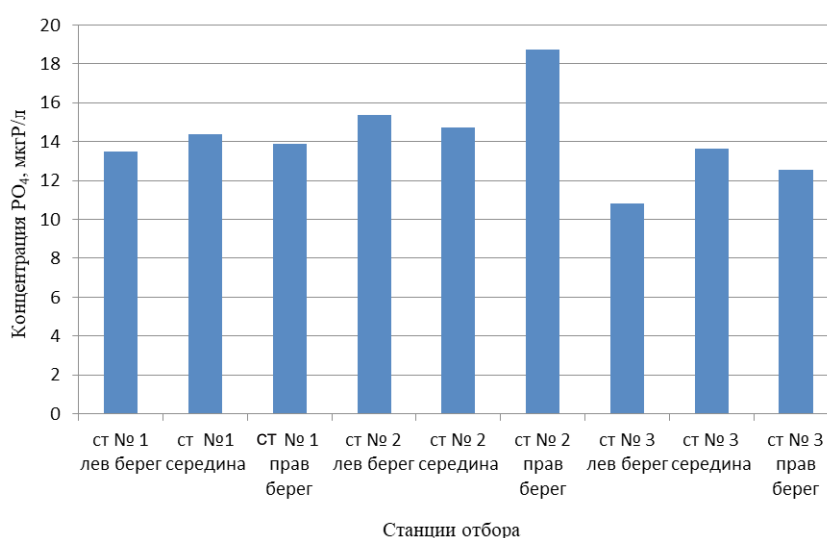


Рис. 9. Содержание фосфатного фосфора в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

до нескольких мг/л указывает, как правило, на загрязнение данного водоема [4]. Повышенные концентрации фосфора приводят к эвтрофикации водоема, действуют неблагоприятно на рыб и могут вызывать отравление [8]. Соотношение интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ оказывает влияние на содержание фосфатов в изучаемых водных объектах. Как и содержание других биогенных элементов, оно подвержено существенным природным колебаниям. Согласно нормативам⁹, содержание фосфатов не должно превышать 50 мкг/л — данное значение в исследуемом районе также не превышено.

Содержание общего фосфора в исследуемом участке изменялось незначительно от 15,81 до 38,62 мкгР/л. Максимальная концентрация также была зафиксирована на станции 3 у левого берега реки (рис. 10).

Содержание кремния на исследуемом участке реки изменялось в широком диапазоне от 492 до 1070 мг/л (рис. 11). Кремнекислые соли также, как и соли других биогенных элементов, являются питательными солями для водных организмов. После их отмирания часть кремния минерализуется и вновь усваивается организмами [4]. Согласно нормативам¹⁰, содержание кремния не должно превышать 10 000 мг/л — данное значение в исследуемом нами районе также не превышено.

⁹ Там же.

¹⁰ Там же.

По полученным нами данным содержание нефтяных углеводородов в исследуемой акватории р. Зимняя Золотица варьировало от 0,031 до 0,043 мг/л. Максимальная концентрация была зафиксирована на станции 3 у правого берега. Значительная часть НУ может поступать непосредственно в водные объекты. Источниками загрязнения являются судоходство, перевозка нефти и нефтепродуктов водным путем, нередко сопровождаемая авариями, сбросы сточных вод промышленных предприятий, атмосферные выпадения, дампинг загрязненных грунтов [7]. При уровне ПДК 0,05 мг/л¹⁰ превышений в период наблюдений не отмечено (рис. 12).

Донные отложения в р. Зимняя Золотица представлены в основном в виде мелкозернистого песка, илистого песка и гальки. Содержание НУ в грунтах реки исследованного района изменялось незначительно — от 0,27 до 3,75 мг/кг. Максимальное содержание было зафиксировано на станции 1 в середине реки, где донные отложения представлены в виде илистого песка (рис. 13).

Донные отложения являются важным показателем геохимического состояния водных объектов и водосборных бассейнов, играя важную роль в установлении качества поверхностных вод. Следует отметить, что содержание НУ в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется. Согласно [5, 6], сублетальные и пороговые эффекты для гидробионтов по НУ проявляются при их кон-

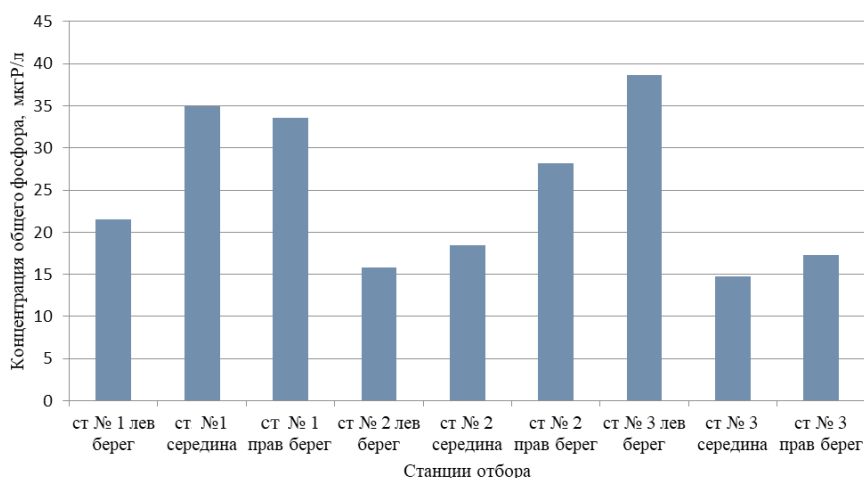


Рис. 10. Содержание общего фосфора в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

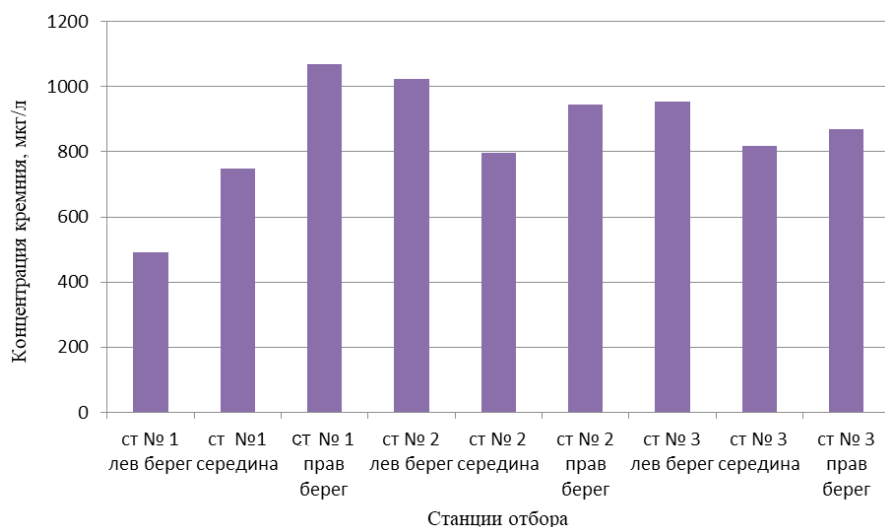


Рис. 11. Содержание кремния в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

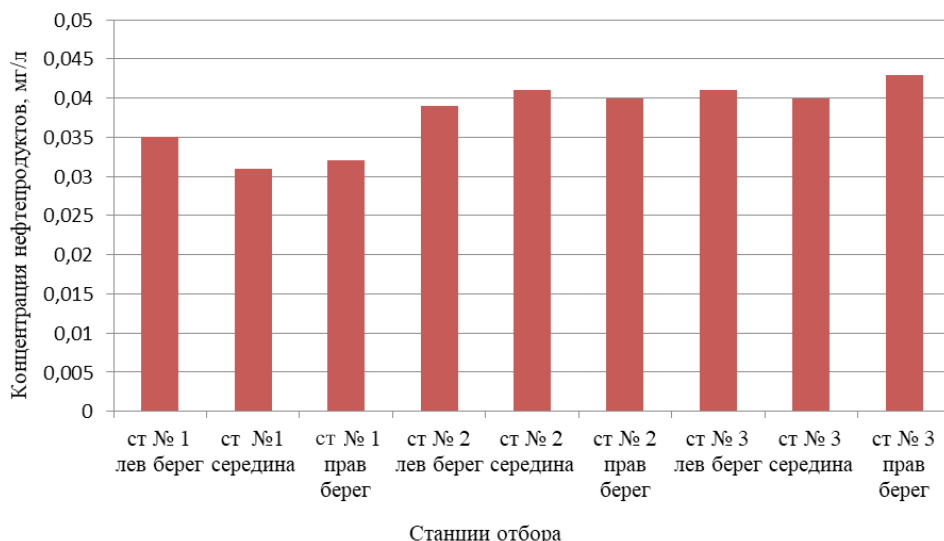


Рис. 12. Содержание нефтепродуктов (мг/л) в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

центрации в воде от 1 мкг/л; в донных отложениях — от 10 до 100 мкг/г.

В таблице представлены средние значения химических веществ поверхностных вод р. Зимняя Золотица по данным 2008 [3] и 2020 (данные авторов статьи) годов.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что содержание химических элементов в воде и донных отложениях нижнего течения р. Зимняя Золотица в настоящее время не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) по всем показателям.

Заключение

Проведение комплексного мониторинга среды обитания в части ее химических составляющих экосистемы нижнего течения р. Зимняя Золотица позволило выявить основные характеристики ее современного состояния. Установлено, что концентрации солей фосфора, азота и кремния в летний период наблюдений не превысили предельно допустимых значений для рыбохозяйственных водоемов. Концентрации растворенного кислорода в водах р. Зимняя Золотица в летний период исследований находились в норме. Случаев сни-

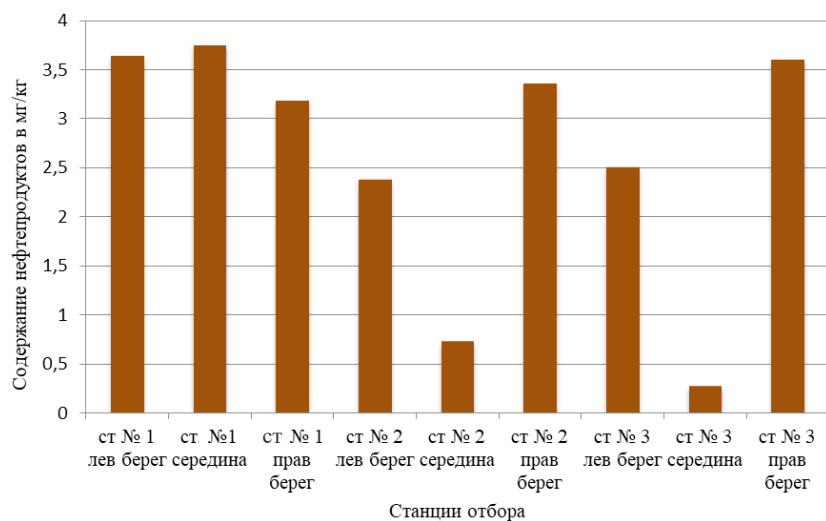


Рис. 13. Содержание нефтепродуктов в (мг/кг) в нижнем течении р. Зимняя Золотица в летний период 2020 г.

Средние значения показателей химического состава поверхностных речных вод р. Зимняя Золотица в верхнем и нижнем течении

№ п/п	Показатели	Зона воздействия — сброс сточных вод [3]	Нижнее течение реки (данные авторов статьи, 2020 г.)	ПДК
1	Кислород, мг/л	9,9–10,2	6,6–7,3	6,0
2	Минерализация, мг/дм ³	84–164	160–182	–
3	Нефтяные углеводороды, мг/л	0,010–0,020	0,031–0,043	0,05
4	Взвешенные вещества, мг/л	1,0–14,5	–	–
5	Нефтепродукты, мг/кг	–	0,27–3,75	–
6	pH	7,9–8,2	7,2–7,5	–
7	Кремний, мг/л	–	492–1070	10 000
8	Фосфаты, мкгP/л	–	14,17	50
9	Аммонийный азот, мкгN/л	–	65,15–70,66	500
10	Нитраты, мкгN/л	–	65,6–148,1	40 000
11	Нитриты, мкгN/л	–	3,17–5,64	20
12	Азот общий, мкгN/л	–	239,4–845,8	–
13	Фосфор общий, мкгP/л	–	15,81–38,62	–

жения его величины ниже уровня ПДК (т. е. проявления заморных явлений) не было отмечено ни на одной точке отбора. Кислотная реакция среды всех проб однородная нейтральная. Концентрация НУ в воде не превышала предельно допустимую. Содержание НУ в донных отложениях было незначительно и составляло в среднем 2,6 мг/кг.

Результаты гидрохимического исследования воды и донных отложений нижнего течения р. Зимняя Золотица показали, что в настоящее время опосредованного воздействия на их химический состав со стороны карьера горно-обога-

тельного комбината алмазонасного месторождения им. М. В. Ломоносова не наблюдается.

Финансирование

Работы выполнены в рамках государственного задания № 0332-2019-0001 по теме «Исследование закономерностей формирования пресноводной ихтиофауны Европейского северо-востока России в условиях меняющегося климата и воздействия антропогенных факторов» и при финансовой поддержке РФФИ – Арктика, проект № 18-05-60151 «Влияние алмазодобывающей деятельности на состояние биогеоценозов Арктической зоны РФ (на примере Европейского Севера)».

Литература

1. Алекин, О. А. (1953). Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 296 с.
2. Жила, И. М. и Алюшинская, Н. М. (ред.) (1972). Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край. Л.: Гидрометеоздат, 663 с.
3. Макушенко, М. Е., Потапов, А. А. и Филин, Р. А. (2008). Зоопланктон как индикатор качества воды природных водотоков в районе месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова. Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3, Вып. 3, сс. 17–28.
4. Метелев, В. В., Канаев, А. И. и Дзасохова, Н. Г. (1971). Водная токсикология. М.: Колос, 247 с.
5. Московченко, Д. В. (1998). Нефтедобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск: Наука, 112 с.
6. Никаноров, А. М., Иванов, В. В. и Брызгалов, В. А. (2007). Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. Ростов н/Д: НОК, 280 с.
7. Никаноров, А. М. и Страдомская, А. Г. (2008). Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем: монография. Ростов н/Д: НОК, 222 с.
8. Привезенцев, Ю. А. (1973). Гидрохимия пресных водоемов. М.: Пищевая промышленность, 119 с.
9. Студенов, И. И., Новоселов, А. П. и Павленко, В. И. (2013). Физико-географическая характеристика водных экосистем Беломорско-Кулойского полуострова (Архангельская область). Арктика: экология и экономика, № 1 (9), сс. 36–45.

References

1. Alekin, O. A. (1953). *Fundamentals of hydrochemistry*. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House, 296 p.
2. Zhila, I. M. and Alyushinskaya, N. M. (1972). *Surface water resources of the USSR. Vol. 3. Northern Territory*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 663 p.
3. Makushenko, M. E., Potapov, A. A. and Filin, R. A. (2008). Zooplankton as indicator of water quality of natural water-currents in the area of Lomonosov diamond pipe. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3*, Issue 3, pp. 17–28.
4. Metelev, V. V., Kanayev, A. I. and Dzasokhova, N. G. (1971). *Aquatic toxicology*. Moscow: Kolos, 247 p.
5. Moskovchenko, D. V. (1998). *Oil production and the environment: ecological and geochemical analysis of the Tyumen Region*. Novosibirsk: Nauka, 112 p.
6. Nikanorov, A. M., Ivanov, V. V. and Bryzgalov, V. A. (2007). *Rivers of the Russian Arctic in modern conditions of anthropogenic impact*. Rostov-on-Don: NOK, 280 p.
7. Nikanorov, A. M. and Stradomskaya, A. G. (2008). *Problems of oil pollution of freshwater ecosystems. Monograph*. Rostov-on-Don: NOK, 222 p.

8. Privezentsev, Yu. A. (1973). *Hydrochemistry of freshwater bodies*. Moscow: Food industry, 119 p.

9. Studenov, I. I., Novoselov, A. P. and Pavlenko, V. I. (2013). Physical and geographical features of the aquatic ecosystems of the White Sea — Kuloy Peninsula (Arkhangelsk region). *Arctic: Ecology and Economy*, No. 1 (9), pp. 36–45.

Авторы

Климовский Николай Владимирович

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН им. академика Н. П. Лаврова, г. Архангельск, Россия

E-mail: klimovskiy.nikolay@yandex.ru

Морева Ольга Юрьевна

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН им. академика Н. П. Лаврова, г. Архангельск, Россия

E-mail: mapycr1@yandex.ru

Матвеев Николай Юрьевич

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН им. академика Н. П. Лаврова, г. Архангельск, Россия

E-mail: matveevaann@mail.ru

Новоселов Александр Павлович, д-р биол. наук

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН им. академика Н. П. Лаврова, г. Архангельск, Россия

E-mail: alexander.novoselov@rambler.ru

Authors

Nikolay Vladimirovich Klimovskiy

Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

E-mail: klimovskiy.nikolay@yandex.ru

Olga Yuryevna Moreva

Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

E-mail: mapycr1@yandex.ru

Nikolay Yuryevich Matveev

Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

E-mail: matveevaann@mail.ru

Alexander Pavlovich Novoselov, DSc in Biology

Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

E-mail: alexander.novoselov@rambler.ru