

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ АРГАЗИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**А.В. Богомолов², А.П. Лепихин^{1,2}, Ю.С. Ляхин²,
А.В. Белобородов¹, А.А. Тиунов^{1,2}**

E-mail: whitewing85@mail.ru

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, г. Пермь, Россия

² «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» – филиал ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Пермь, Россия

АННОТАЦИЯ: В статье представлены результаты исследований химического состава воды крупнейшего водоема Челябинской области – Аргазинского водохранилища, исторически испытывающего техногенное воздействие объектов металлургической промышленности. С использованием кластерного анализа оценена связность основных химических показателей качества воды. Выполнено гидродинамическое моделирование, которое позволяет определить пути миграции загрязняющих веществ по акватории Аргазинского водохранилища, спрогнозировать концентрации загрязняющих веществ в случае поступления их по р. Миасс. Сделаны выводы о значительной самоочищающей способности водоема. Определены основные неблагоприятные факторы, при которых возможно ухудшение качества воды в водохранилище.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Аргазинское водохранилище, качество воды, накопленный вред водным объектам, гидродинамическое моделирование.

Водоохранилища представляют собой искусственные водные объекты, созданные для аккумуляции и хранения значительного объема воды с целью ее дальнейшего использования для различных нужд.

Аргазинское водохранилище является частью системы водоснабжения крупнейшего административного и промышленного центра Южного Урала – г. Челябинска. В своей нынешней конфигурации оно было создано в 1982 г., однако начальный заводской пруд на р. Миасс появился еще в XVIII в. Особенность данного водоема – его расположение в старейшем Уральском горнорудном районе, промышленное освоение которого началось в первой половине XVIII в.

© Богомолов А.В., Лепихин А.П., Ляхин Ю.С., Белобородов А.В., Тиунов А.А., 2021

Выплавка черновой меди методом шахтной плавки началась здесь в 1910 г. В 1934 г. была введена в строй обогатительная фабрика, которая до 1958 г. перерабатывала руды собственных месторождений с выпуском медного концентрата, а позднее стала производить и цинковый концентрат. Отходы обогащения (сульфидно-силикатные, «пиритные хвосты») сбрасывались без каких-либо природоохранных мер на пойму и в русло р. Сак-Элга – левый приток р. Миасс, на которой находится Аргазинское водохранилище. В настоящее время размещение отходов прекращено, однако накопленные загрязняющие вещества (ЗВ) способны поступать в реки Миасс, Сак-Элга, Аткус и Аргазинское водохранилище, что обуславливает в целом неблагоприятные условия для формирования качества воды данных водных объектов.

В створе г. Карабаш Челябинским ЦГМС регулярно фиксировались высокий и экстремально высокий уровни загрязнения воды тяжелыми металлами – ионами цинка, марганца, меди. Механизмы поступления и масштаб этих процессов детально рассмотрены в работах [1–4]. Отмечено, что загрязнение происходит за счет смыва с водосборной и прилегающей территорий в периоды снеготаяния и дождей. Необходимо также отметить аэрогенную компоненту загрязнения [2], обусловленную атмосферным переносом загрязняющих веществ в виде аэрозоля и осаждением их на акватории водохранилища. На существенную роль данной компоненты в формировании уровня загрязнения водных объектов указывается в работе [5].

Водохранилища, являясь источниками водоснабжения крупных городских и промышленных узлов, испытывают колоссальную техногенную нагрузку со стороны промышленных комплексов. Для акватории рассматриваемых водных объектов характерной особенностью является наличие накопленного вреда. Согласно ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды», под понятием «накопленный вред» понимается вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме. В связи с этим, в настоящее время весьма остро стоит вопрос по оценке и контролю качества воды водохранилищ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки пространственного распределения химических, физических показателей качества воды летом 2019 г. выполнено обследование водного объекта, сопряженное с отбором поверхностных и придонных проб воды. Для объективной оценки состояния качества воды по всей акватории Аргазинского водохранилища отбор проб осуществлялся на 33 вертикалях (рис. 1), которые в северной части располагались чаще ввиду сложившихся особенностей техногенного воздействия.

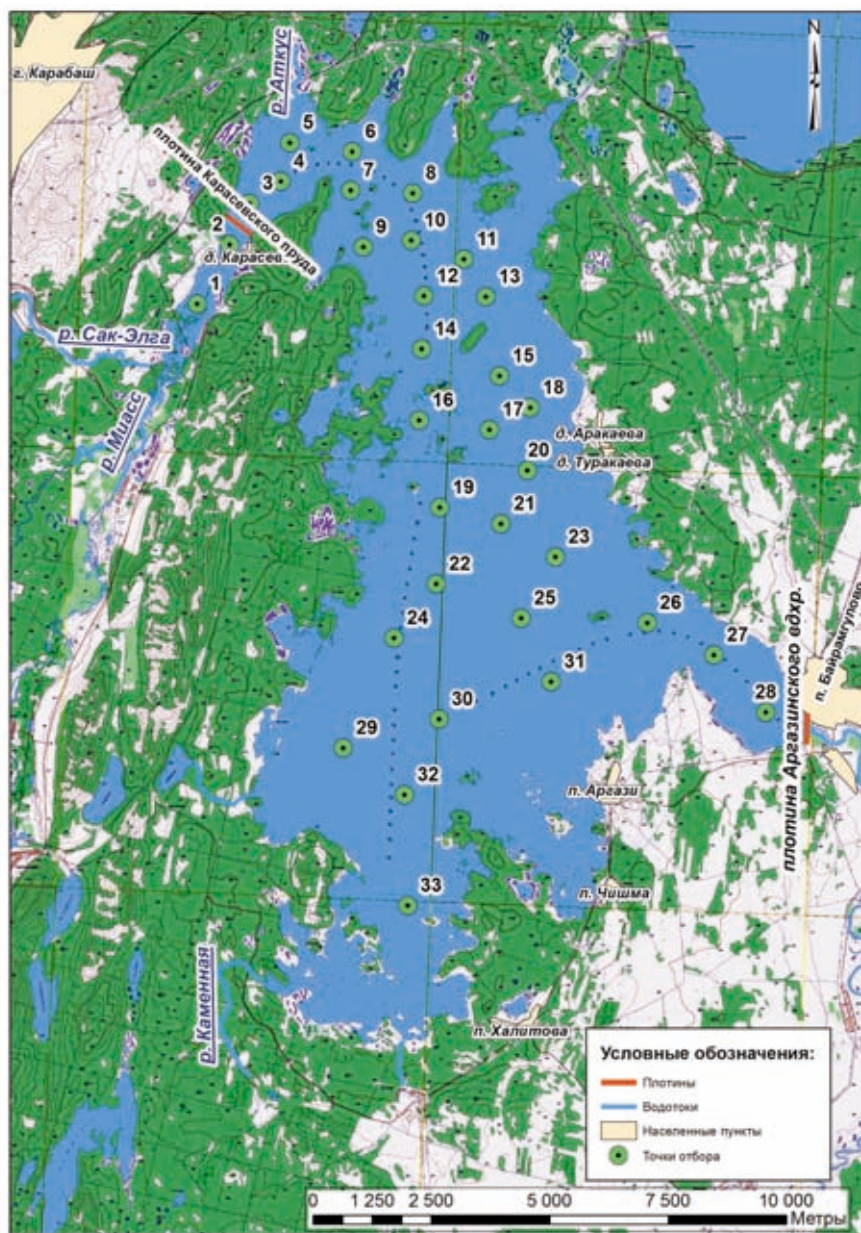


Рис. 1. Расположение вертикалей отбора проб воды на акватории Аргазинского водохранилища при обследовании летом 2019 г.

Fig. 1. Location of the water sampling verticals on the water area of the Argazin Reservoir during the observation of the 2019 summer.

С учетом того, что Аргазинское водохранилище достаточно глубокий водоем (на момент обследования средняя глубина ~7,2 м, максимальная – 11,8 м), для учета возможной вертикальной неоднородности отбор проб воды проводили на двух горизонтах в соответствии с [6]: поверхностном – 0,2 м от поверхности; придонном – 0,5 от дна с использованием батометра ГР-18. Особенности батиметрии данного объекта даны в [7].

С целью получения объективной и достаточно полной характеристики качества воды Аргазинского водохранилища выполнено определение содержания в каждой пробе 40 химических ингредиентов и физических показателей. Анализы проведены в аккредитованных лабораториях по сертифицированным методикам. Результаты по основным компонентам представлены в таблице.

Для примера результаты химических анализов воды приведены по трем характерным вертикалям: 2 – вертикаль, расположенная в верховьях водохранилища, наиболее близко к объектам накопленного вреда; 27 – вертикаль в районе подводящего канала к плотине Аргазинского водохранилища; 33 – самая удаленная от производства вертикаль. Вертикаль 33 условно была принята в качестве реперной – фоновой вертикали, с которой сравнивались все остальные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

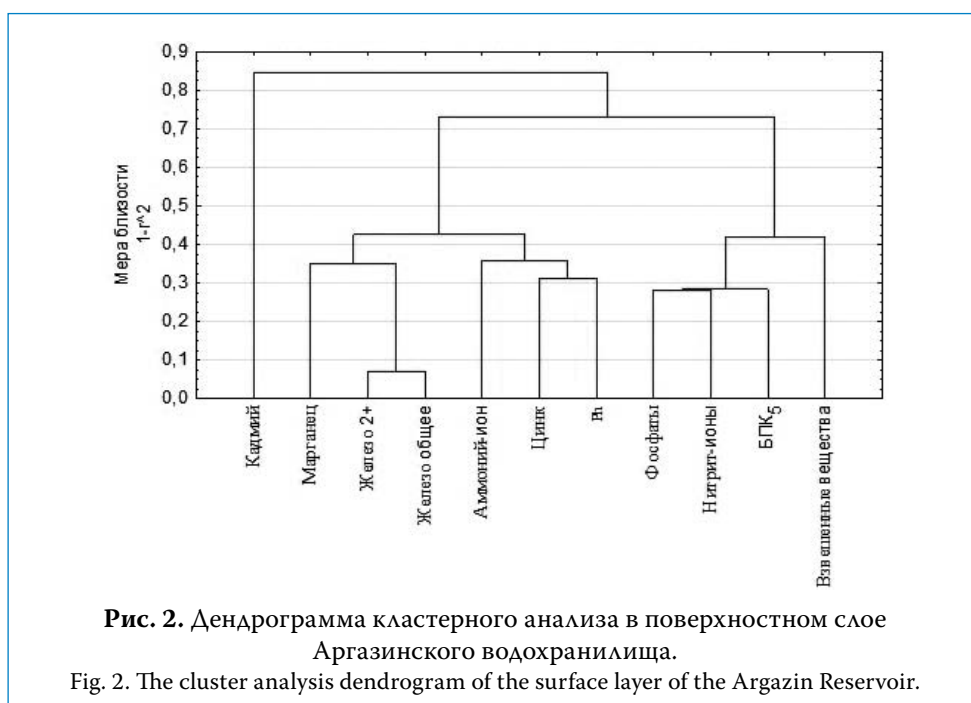
Анализ содержания рассматриваемых ингредиентов в воде Аргазинского водохранилища показал, что в большинстве случаев наблюдаемые концентрации не только существенно ниже санитарно-гигиенических, но и рыбохозяйственных ПДК [8] (таблица). Исключение составляют марганец, цинк, нитриты, БПК₅, железо, содержание которых на отдельных вертикалях превышает ПДК_{рх}. При этом необходимо отметить, во-первых, что данные превышения не носят системный характер и сопоставимы с погрешностью определения рассматриваемых ингредиентов, во-вторых, рыбохозяйственные ПДК не учитывают естественные гидрохимические особенности конкретных водных объектов.

Неоднородность распределения рассматриваемых показателей качества воды по акватории водохранилища обусловливается пространственной неоднородностью определяющих их прямых и косвенных факторов. Несмотря на локальные особенности распределения конкретных химических показателей качества воды по акватории водохранилища, наблюдаются также общие внутриводоемные процессы, влияющие на связность колебаний отдельных химических показателей качества воды в целом по водохранилищу.

Таблица. Содержание некоторых химических компонентов в воде Аргазинского водохранилища на отдельных вертикалях (июнь 2019 г.)
Table. Some chemical elements content in the Argazin Reservoir water at several verticals (June 2019)

Химические компоненты, ПДК _{р/х}		Вертикаль 2 (верховье)		Вертикаль 27 (приплотинная)		Вертикаль 33 (фоновая)	
		поверхн.	придон- ный	поверхн.	придон- ный	поверхн.	придон- ный
рН, ед рН	ПДК _{р/х}	7,33 ±0,20	7,35 ±0,20	7,96 ±0,20	8,01 ±0,20	7,98 ±0,20	7,99 ±0,20
Взвешенные вещества, мг/дм ³	+0,25 к фону	1,14±0,21	0,98±0,22	0,97 ±0,21	0,96 ±0,21	0,83 ±0,18	0,84 ±0,18
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Нитрит-ионы, мг/дм ³	0,08	0,066 ±0,033	0,082 ± 0,041	0,007 ±0,004	0,008 ±0,004	0,004 ±0,002	0,005 ±0,003
Аммоний-ион, мг/дм ³	0,5	0,23 ±0,08	0,25 ±0,09	0,23 ±0,08	0,24 ±0,09	0,23 ±0,08	0,24 ±0,09
Фосфаты, мг/дм ³	0,2	0,42 ± 0,07	0,40 ± 0,06	0,07±0,010	0,07±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01
Железо общ., мг/ дм ³	0,1	0,056 ±0,018	0,082 ±0,022	< 0,050	0,078 ±0,021	0,119 ± 0,028	0,066 ± 0,019
Мышьяк, мг/дм ³	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,05	< 0,05
Медь, мг/дм ³	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Цинк, мг/дм ³	0,01	0,099 ± 0,034	0,082 ± 0,028	0,074 ± 0,025	0,063 ± 0,021	0,068 ± 0,023	0,042 ± 0,014
Никель, мг/дм ³	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Марганец, мг/дм ³	0,01	0,103 ± 0,018	0,111 ± 0,018	0,042 ± 0,008	0,043 ± 0,009	0,042 ± 0,008	0,029 ± 0,006
Хром общ., мг/дм ³	0,07	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025
Свинец, мг/дм ³	0,006	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Сульфаты, мг/дм ³	100	45±9	45±9	60±9	60±9	60±9	60±9
Сульфиды, мг/дм ³	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,1	3,05 ± 0,79	2,93 ± 0,76	1,47 ±0,38	1,50 ±0,39	1,38 ±0,36	1,33 ±0,36
ХПК, мгО ₂ /дм ³	30	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Растворенный Кислород, мг/дм ³	–	8,94	8,9	9,15	8,92	9,1	8,3
Температура, °С	–	16,4	16,4	16,7	16,4	16,4	14
Прозрачность, м	–	0,9		2		2,2	
Глубина, м	–	2,8		8		9,3	

Для анализа связности изменений рассматриваемых показателей качества воды на рис. 2 и рис. 3 представлены дендрограммы результатов кластерного анализа. Как следует из данных рисунков, в воде водохранилища как в поверхностном, так и придонном горизонтах, отчетливо выделяются три кластера: <марганец, железо общ., железо 2+>, <аммоний-ион, цинк, рН>, а также <фосфаты, нитрит-ионы, БПК₅>. Формирование отдельных обособленных кластеров указывает на близость изменений, входящих в них химических веществ. Если связность колебаний ионов марганца и железа достаточно хорошо известна и описана [9], также как и биогенных веществ [10, 11], то связность колебаний содержания в воде цинка, рН и азота аммонийного, выявляемая для Аргазинского водохранилища, представляет существенный интерес. На высокую чувствительность содержания цинка к рН воды указывается в [9]. Связь цинка с азотом аммонийным свидетельствует о его высокой миграционной активности и способности накапливаться в органическом веществе водохранилища.



Распределение большинства рассматриваемых показателей качества воды достаточно равномерно по глубине, однако ряд из них характеризуется значимой вертикальной неоднородностью. В условиях наличия вертикальной диффузии для формирования данной вертикальной неоднород-

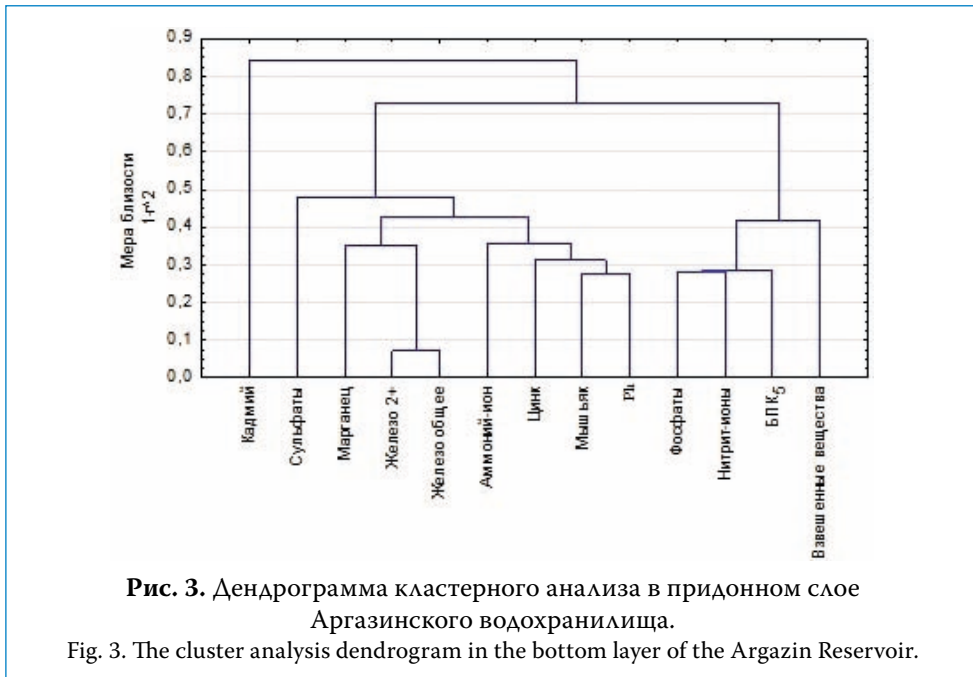


Рис. 3. Дендрограмма кластерного анализа в придонном слое Аргазинского водохранилища.

Fig. 3. The cluster analysis dendrogram in the bottom layer of the Argazin Reservoir.

ности необходимо наличие пространственно-распределенных источников. Формирование повышенного содержания поллютантов в придонном слое объясняется активностью донных отложений, а повышенное содержание в поверхностном слое обусловлено, как уже отмечалось, аэрогенными источниками.

Гидрохимический мониторинг качества воды Аргазинского водохранилища на регулярной основе проводится Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Оценка качества воды выполняется на основании гидрохимических анализов на двух створах: входной створ – плотина бывшего Карасевского пруда, контрольный створ – в районе с. Байрамгулово, ниже створа гидроузла водохранилища. Результаты мониторинга свидетельствуют о том, что качество воды в районе с. Байрамгулово значительно выше, чем в створе плотины бывшего Карасевского пруда. В период наблюдений 2004–2019 гг. в верхнем бьефе Аргазинского водохранилища наблюдались превышения допустимых концентраций по меди, цинку, марганцу, азоту аммонийному и азоту нитратному, фосфатам, нефтепродуктам. При этом в районе с. Байрамгулово зафиксировано существенное снижение концентраций загрязняющих веществ по меди, цинку, марганцу, по остальным загрязняющим веществам концентрации не превышали ПДК.

Так, в 2004 г. в верхнем бьефе Аргазинского водохранилища наблюдались превышения допустимых концентраций по меди в 100 раз; цинку – 191,4; марганцу – от 38,1 до 51,9; азоту аммонийному и азоту нитратному – в среднем 1,4 ПДК, максимум 3,7 и 2,5 соответственно; фосфату – до 1,2; БПК₅ – 1,2–2,2; нефтепродуктам – до 1,2–2,2 ПДК. В 2005 г. в верхнем бьефе отмечены превышения допустимых концентраций по меди – до 42,8 ПДК; цинку – до 81,2; марганцу – до 103,7 ПДК. В районе с. Байрамгулово отмечено снижение концентраций загрязняющих веществ: по меди – до 3,4, цинку – до 2,9, марганцу – до 7,2, железу общему – до 1,5 ПДК. В период 2010–2019 гг. максимально наблюдаемые превышения составляли: по цинку 17–108,7; меди 34,3–40,8; марганцу 35,5–50,4 ПДК.

Результаты, полученные в ходе экспедиционного исследования акватории Аргазинского водохранилища в 2019 г., хорошо соотносятся с материалами многолетних наблюдений, проводимых подразделением Росгидромета: наблюдается снижение концентраций загрязняющих веществ при продвижении от плотины Карасевского пруда к плотине Аргазинского водохранилища.

Доминирующим внешним фактором, определяющим неоднородность распределения химических показателей качества воды по акватории водохранилища, является сток впадающей в водохранилище р. Миасс. Размеры зон активного влияния р. Миасс на водохранилище зависят от гидрологического и гидрохимического режимов реки, скорости и направления ветра. С целью анализа и визуализации этой зоны влияния была разработана гидродинамическая модель водохранилища в 2D-постановке (приближение «мелкой» воды) с использованием лицензионного программного продукта SMS v.11.1 и проведены вычислительные эксперименты по оценке распределения рассматриваемых параметров по акватории водохранилища. Так как технология применения данного программного продукта хорошо отработана, его характеристики не проводятся в данной работе. Описание программного продукта, особенности и опыт его использования при решении актуальных водохозяйственных задач рассмотрены в работе [12].

При проведении сценарных расчетов был принят среднемноголетний расход воды по р. Миасс, составляющий $Q \sim 9 \text{ м}^3/\text{с}$. Согласно данным многолетних наблюдений за метеорологическими элементами, преобладающими направлениями ветра в годовом разрезе являются западное, юго-западное и северо-западное, в летний период (июнь–август) преобладают северо-западные ветра (рис. 4). Расчет выполнен для условий интенсивного поступления загрязняющих веществ с водосборной площади по р. Миасс в течение часа, что часто может наблюдаться в период летних паводков.

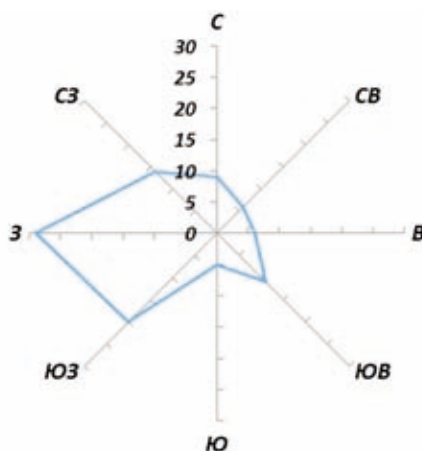


Рис. 4. Роза ветров по метеостанции Уфалей (ближайшей к объекту исследования).
Fig. 4. The wind rose of the Ufaley meteorological station (the nearest to the site of the investigation).

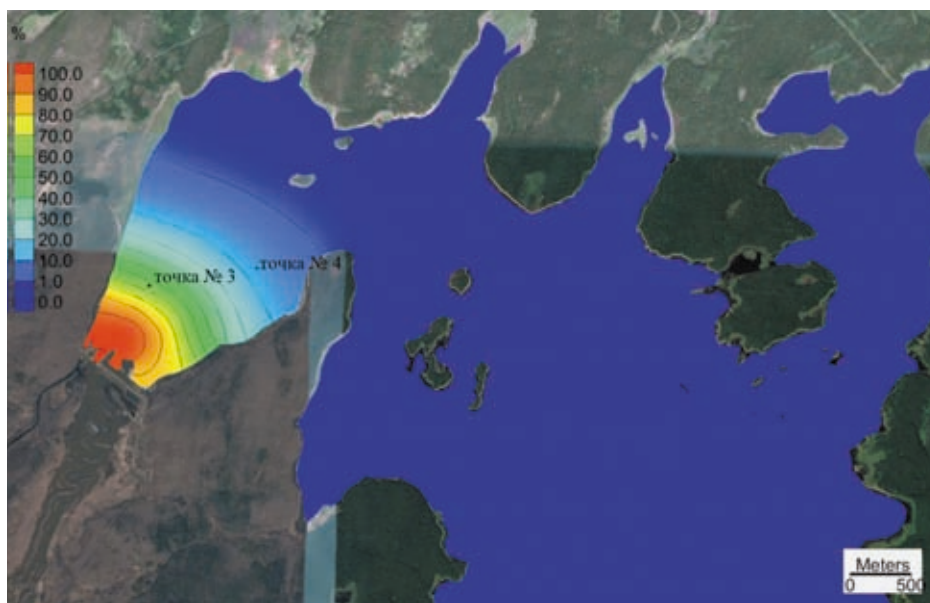


Рис. 5. Изменение средней величины концентрации загрязняющего вещества в долях от начальной величины.
Fig. 5. The pollutant concentration average value change in fractions of the initial value.

Как следует из представленных на рис. 5 результатов расчетов, уже в районе точки № 4, расположенной в 1,2 км ниже по течению от створа плотины Карасевского пруда, наблюдаемая концентрация, при характерных гидрометеорологических условиях (скорости северо-западного ветра 4 м/с), составляет менее 10 % от начальной, поступающей по р. Миасс. В связи с тем, что речной поток, обладающий значительной транспортирующей способностью, переносит большое количество взвешенных веществ, абсорбирующих способные легко перейти в растворенную форму загрязняющие вещества, в створе плотины Карасевского пруда могут отмечаться высокие и экстремально высокие концентрации. Повышенные концентрации могут наблюдаться в периоды дождей паводков и весеннего половодья.

В зоне впадения р. Миасс в Аргазинское водохранилище происходит резкое снижение скоростей: если в р. Миасс в период производства работ средняя скорость течения составляла 0,25 м/с, то в районе точек отбора 3 и 4 – около 0,02–0,03 м/с (без ветрового воздействия). Это приводит к осаждению взвешенных веществ и, соответственно, снижению возможных концентраций загрязняющих веществ в основной толще водоема.

Для условий западного ветра и среднемноголетнего расхода воды р. Миасс проведен расчет полей формирующихся в водохранилище скоростей (рис. 6). Данная схема позволяет оценить возможные пути миграции загрязняющих веществ. Для сопоставления также были выполнены модельные расчеты перемещения водной массы в условиях штиля, которые имеют высокую обеспеченность в летний период: от 21 % в мае до 31 % в августе (рис. 7).

Как следует из данных рис. 6, основная зона транзита водной массы, следовательно, и транспорта взвешенных веществ, способных увлекать с собой загрязняющие вещества, приурочена к восточному берегу, вплоть до плотины Аргазинского водохранилища. Данными особенностями гидродинамики объясняются незначительные превышения предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов в точках 17, 23, 26, 27 и 31. В условиях штиля в центральной части формируются внутриводоемные вихревые структуры, способствующие перемещению части загрязняющих веществ в глубоководный район (рис. 7).

Представленные материалы гидродинамического моделирования наглядно показывают, что моделирование может быть одним из инструментов для принятия управленческих решений в случае чрезвычайной ситуации. Такой ситуацией для рассматриваемого водоема может считаться интенсивное поступление загрязняющих веществ при поверхностном смыве с прилегающей территории, в результате чего в верховьях могут наблюдаться их высокие и экстремально высокие концентрации.

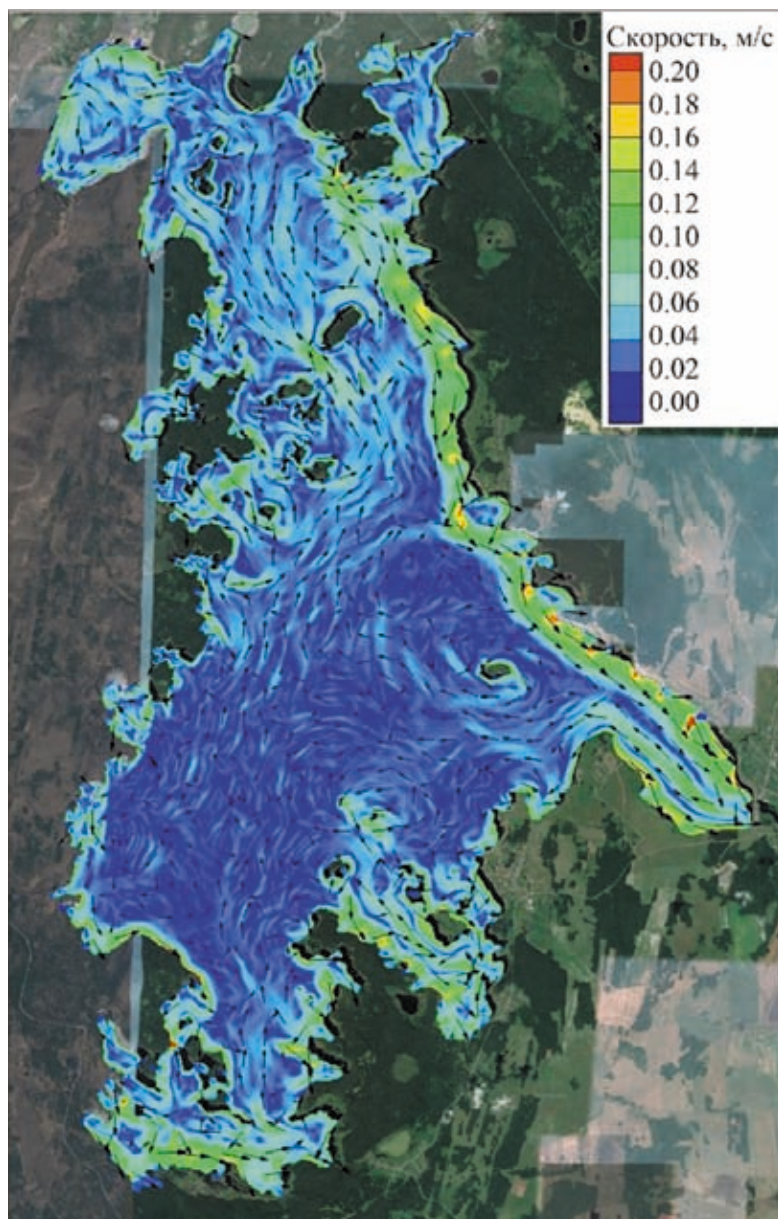


Рис. 6. Характерные направления течения в Аргазинском водохранилище в условиях доминирования северо-западного ветра в период летней межени.

Fig. 6. Characteristic flow directions in the Argazin Reservoir in the conditions of the Northwestern wind domination during the summer low water period.

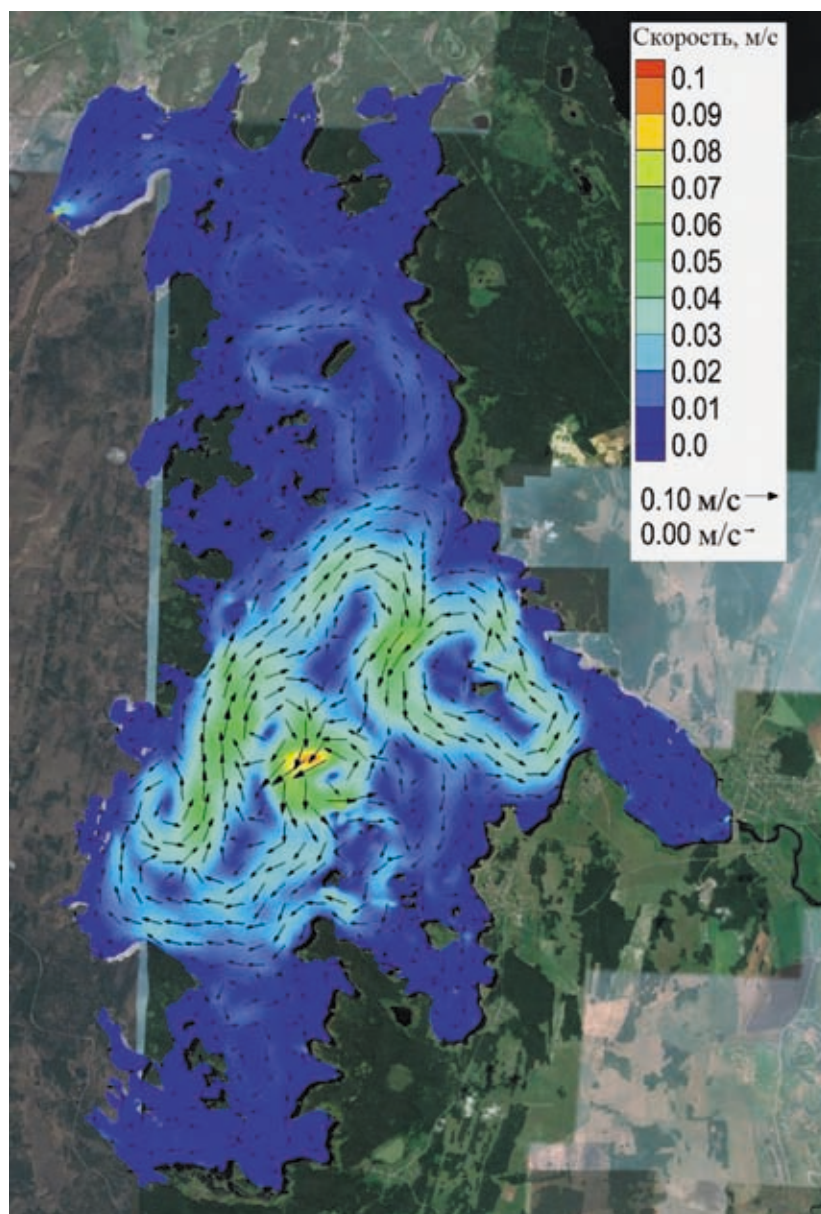


Рис. 7. Характерные направления течения в Аргазинском водохранилище в штилевых условиях в период летней межени.

Fig. 7. Characteristic flow directions in the Argazin Reservoir in the calm conditions during the summer low water period.

В целом для Аргазинского водохранилища при продвижении с севера на юг отмечено улучшение качества воды. Это обусловлено внутриводоемными процессами, связанными с переходом легкорастворимых форм тяжелых металлов в связанное состояние. Этим процессам способствует наличие большого количества взвешенных веществ в северной части водоема и значительные концентрации растворенного кислорода по всей акватории (таблица).

Особенность данных процессов заключается в том, что, хотя качество воды в результате внутриводоемных процессов улучшается, значительная часть загрязняющих веществ осаждается и аккумулируется на дне водоема – в донных отложениях. При неблагоприятных условиях, прежде всего, значительном снижении уровня растворенного кислорода, могут начаться процессы обратного перехода тяжелых металлов из связанного состояния в легкорастворимые формы, что может привести к повышению концентраций этих веществ в воде.

С целью выявления вероятности наступления подобных неблагоприятных условий необходима организация специализированного мониторинга за качеством воды в Аргазинском водохранилище. Результаты мониторинга позволят создать гидродинамическую модель как рабочий инструмент для прогнозирования изменения качества воды на акватории водоема и заблаговременно разработать мероприятия по улучшению его экологического состояния.

ВЫВОДЫ

Выполненное исследование позволило дать характеристику изменения качества воды по акватории Аргазинского водохранилища. Согласно полученным данным, содержание загрязняющих веществ в воде Аргазинского водохранилища в большинстве случаев не только существенно ниже санитарно-гигиенических, но и рыбохозяйственных ПДК. Исключение составляют марганец, цинк, нитриты, БПК₅, железо, содержание которых на отдельных вертикалях превышает ПДК_{рх}. При этом следует отметить, что рыбохозяйственные ПДК не учитывают природных особенностей формирования гидрохимического режима водоема, а наблюдаемые превышения имеют несистемный характер.

Распределение показателей качества воды по акватории Аргазинского водохранилища определяется комплексом как внутриводоемных, так и внешних факторов, в первую очередь, обусловленных влиянием вод основного притока – р. Миасс.

Проведенный кластерный анализ материалов гидрохимической съемки показал, что как в поверхностном, так и придонном горизонтах, достаточно отчетливо выделяются три кластера: <марганец, железо общее, железо 2+>, <аммоний-ион, цинк, рН>, а также <фосфаты, нитрит-ионы,

БПК₅>. Существенные различия в характере вертикальной неоднородности между отдельными химическими показателями качества воды указывают на их связанность с наличием аэрогенных и геохимических факторов формирования гидрохимического режима.

Для количественной оценки зон с повышенным содержанием загрязняющих веществ, поступающих по р. Миасс, разработана и реализована гидродинамическая модель в приближении «мелкой» воды. Выполненные расчеты показали, что максимальные концентрации загрязняющих веществ могут наблюдаться лишь в северной части водоема. На расстоянии 1,2 км от входного створа (плотина Карасевского пруда) их концентрация будет составлять лишь 10 % от начальной. Выполненные вычислительные эксперименты для условий западного ветра и штиля позволили визуально представить пути миграции загрязняющих веществ по акватории водоема и объяснить механизмы их проникновения в центральный глубоководный район и приплотинный участок.

Несмотря на то что размещение отходов на акватории Аргазинского водохранилища в настоящее время прекращено, в силу накопленного вреда продолжается поступление загрязняющих веществ в реки Миасс, Сак-Элга, Аткус. Это обуславливает низкое качество воды в верховьях водохранилища. В целом же для Аргазинского водохранилища при продвижении с севера на юг наблюдается улучшение качества воды. Однако возможно вторичное загрязнение водной массы загрязняющими веществами из донных отложений при их переходе в более подвижные формы. Это может произойти при неблагоприятных условиях, в первую очередь, при существенном снижении концентраций растворенного кислорода.

Для прогнозирования подобных явлений и принятия оперативных управленческих решений необходима организация эффективной системы мониторинга за состоянием дна и качеством воды Аргазинского водохранилища, направленной на недопущение увеличения антропогенной нагрузки на водоем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аминов П.Г.* Биогеохимия тяжелых металлов при горнопромышленном техногенезе (на примере Карабашской геотехнической системы, Южный Урал): автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2010. 176 с.
2. *Удачин В.Н., Аминов П.Г., Филлипова К.А.* Геохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 252 с.
3. *Удачин В.Н.* Экогеохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала: автореф. дис.... д-ра геол.-мин. наук. Томск, 2012. 56 с.
4. *Дерягин В.В.* Озерные геосистемы восточного склона Южного Урала и их изменение в зоне техногенного воздействия: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 1999. 23 с.

5. Семенов М.Ю., Снытко В.А., Силаев А.В., Семенов Ю.М. Сопряженная оценка величин допустимых нагрузок загрязнителей на водные и наземные экосистемы (на примере бассейна СЕЛЕНГИ) // Доклады Российской академии наук. Науки о земле. 2020. Т. 492. № 2. С. 77–86.
6. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
7. Белобородов А.В., Богомолов А.В., Лепихин А.П., Ляхин Ю.С. Опыт применения гидроакустического профилографа для оценки мощности донных отложений крупного водохранилища (на примере Аргазинского водохранилища) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 3. С. 6–18.
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Зарег. в Минюсте РФ 9 февраля 2010 г., № 16326.
9. Кашин В.К., Иванов Г.М. Цинк в природных водах бассейна реки Селенги // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 4. С. 445–451.
10. Мартынова М.В. Об изменении во времени содержания подвижных форм Fe, Mn, P в илах Можайского водохранилища // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 5. С. 504–509.
11. Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеиздат, 2008. 462 с.
12. Лепихин А.П., Возняк А.А., Тиунов А.А., Богомолов А.В. К проблеме корректности методов расчетов и задания исходной гидрологической и гидрохимической информации при регламентации техногенных воздействий на водные объекты // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 1. С. 32–46.

Для цитирования: Богомолов А.В., Лепихин А.П., Ляхин Ю.С., Белобородов А.В., Тиунов А.А. К вопросу оценки качества воды Аргазинского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 1. С. 6–23.

Сведения об авторах:

Богомолов Андрей Владимирович, канд. техн. наук, научный сотрудник. лаборатория проблем гидрологии суши, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук – филиал ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ГИ УрО РАН), Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; e-mail: whitewing85@mail.ru

Лепихин Анатолий Павлович, д-р геогр. наук, профессор, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал (ФГБУ РосНИИВХ), Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; заведующий лабораторией проблем гидрологии суши, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук – филиал ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ГИ УрО РАН), Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; e-mail: lepikhin49@mail.ru

Ляхин Юрий Сергеевич, канд. техн. наук, научный сотрудник. лаборатория проблем гидрологии суши, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук – филиал ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ГИ УрО РАН), Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; e-mail: ljahin85@mail.ru

Белобородов Александр Валерьевич, ведущий инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал (ФГБУ РосНИИВХ), Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; e-mail: gwynnlehh@mail.ru

Тиунов Алексей Александрович, ведущий инженер лаборатории проблем гидрологии суши, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук – филиал «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ГИ УрО РАН), Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; ведущий инженер-программист, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал (ФГБУ РосНИИВХ), Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; e-mail: alexey.tiunov@gmail.com

**ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF ARGAZIN RESERVOIR
AND PECULIARITIES OF BOTTOM SEDIMENTS IMPACT ON IT**

**Andrey V. Bogomolov², Anatoliy P. Lepikhin^{1,2}, Yuriy S. Lyakhin²,
Alexander V. Beloborodov¹, Aleksey A. Tiunov^{1,2}**

E-mail: whitewing85@mail.ru

¹ *Russian Research Institute for Integrated of Water Management and Protection Kama Branch, Perm, Russia*

² *Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia*

Abstract: The article presents the results of research on the chemical composition of the water of the largest reservoir in the Chelyabinsk Oblast that is the Argazin reservoir, which historically experiences technological impact of the metallurgical facilities. The connectivity of the main chemical indicators of water quality was evaluated using cluster analysis. Hydrodynamic modeling was carried out, which enabled to determine the migration routes of pollutants (AR) through the water area of the Argazin reservoir, to predict the concentrations of AR in the event of their input through the Miass River. Conclusions have been made about the significant self-purification ability of the reservoir. The main unfavorable factors in which water quality in the reservoir may deteriorate were identified.

Key words: Argazin reservoir, water quality, bottom sediments, monitoring, heavy metals, desorption of pollutants.

About the authors:

Andrey V. Bogomolov, Candidate of Technical Sciences, Researcher, the Laboratory of Problems of Land Hydrology, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007, Russia; e-mail: whitewing85@mail.ru

Anatoliy P. Lepikhin, Doctor of Geography, Professor, Director, Russian Research Institute for Integrated of Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nicholaya

Ostrovskogo, 113, Perm, 614002, Russia; Head of the Laboratory of Problems of Land Hydrology, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007, Russia; e-mail: lepin49@mail.ru

Yuriy S. Lyakhin, Candidate of Technical Sciences, Researcher, the Laboratory of Problems of Land Hydrology, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007, Russia; e-mail: ljahin85@mail.ru

Alexander V. Beloborodov, Leading Research Engineer, Russian Research Institute for Integrated of Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nicholaya Ostrovskogo, 113, Perm, 614002, Russia; e-mail: gwynnlehh@mail.ru

Aleksey A. Tiunov, Leading Programming Engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolaya Ostrovskogo, 113, Perm 614002, Russia; e-mail: alexey.tiunov@gmail.com

For citation: *Bogomolov A.V., Lepikhin A.P., Lyakhin Y.S., Beloborodov A.V., Tiunov A.A. Assessment of Water Quality if the Argazin Reservoir and Peculiarities of the Bottom Sediments Impact upon it // Water Sector of Russia. 2021. No. 1. Pp. 6–23.*

REFERENCES

1. *Aminov P.G.* Biogeokhimiya tyazholykh metallov pri gotmopromyshlennom tekhnogrn-eze (na primere Karabashskoy geotekhnicheskoy sistemy, Yuzhniy Ural) [Bio/geo/chemistry of heavy metals in mining techno/genesis (the Karabash geo/engineering system, South Ural, as a study case)]: avtoref. diss. ... kand. geol.-min. nauk. Novosibirsk, 2010. 176 p.
2. *Udachin V.N., Aminov P.G., Filippova K.A.* Geokhimiya gornopromyshlennogo tekhnogenezha Yuzhnogo Urala [Geochemistry of mining techno/genesis of the South Ural]. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2014. 252 p.
3. *Udachin V.N.* Ekogeokhimiya gornoproyshlennogo tekhnogrn-eza Yuzhnogo Urala [Eco-geo/chemistry of mining techno/genesis of the south Ural]: avtoref. diss. d-ra geol-min. nauk. Tomsk, 2012. 56 p.
4. *Deryagin V.V.* Ozerniye geosistemy vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala i ikh izmeneniye v zone tekhnogennogo vozdeystviya [Lacustrine geosystems of the Eastern slope of the South Ural and their changes within the zone of technogenic impact]: avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. Perm, 1999. 23 p.
5. *Semenov M.Y., Snytko V.A., Silayev A.V., Semenov Y.M.* Sopryazhennaya otsenka velichin dopustimykh nagruzok zagryazniteley na vodniye i nazemniye ekosistemy (na primere basseyna Selengi [Conjugated assessment of the pollutants permissible loads values impact upon water and land ecosystems (the Selenga River basin as a study case)] // Doklady Rossiyskoy akademiyi nauk. Nauki o Zemle. 2020. Vol. 492. No. 2. Pp. 77–86.
6. GOST 17.1.3.07-82. Okhrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoyomov i vodotokov [Protection of nature. Hydrosphere. Rules of control of the water quality of water bodies and watercourses].
7. *Beloborodov A.V., Bogomolov A.V., Lepikhin A.P., Lyakhin Y.S.* Opyt primeneniya gid-roakusticheskogo profilografa dlya otsenki moshchnostey donnykh otlozheniy krupnogo vodokhranilishcha (na primere Argazinskogo vodokhranilishcha) [Experience in application of a hydro/acoustic profile recorder for assessment of the big water reservoir bottom sediments strength (the Arguzin Reservoir as a study case)]. // Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management. 2020. No. 3. Pp. 6–18.
8. Prikaz Federalnogo agentstva po rybolovstvu ot 18 yanvarya 2019 g. No. 20 «Ob utverzhdeniyi normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybkhoz'yaystvennoo znacheniya,

- v tom chisel normativiv predelno dopustimikh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh obyektov rybokhozyaystvennogo znacheniya.» [Order of the Federal Agency of Fishery of January 18, 2019 No. 20 «About approval of the water quality norms for fishery water bodies including norms of adverse substances maximal permissible concentrations in waters of fishery water bodies».
9. *Kashin V.K., Ivanov G.M.* Tsink v prirodnykh vodakh basseyna reki Selenga [Zinc in natural waters of the Selenga River basin] // *Water Resources*. 2010. Vol. 37. No. 4. Pp. 445–451.
 10. *Martynova M.V.* Ob izmeneniyi vo vremeni sodержaniya pdvizhnykh form Fe, Mn, P v ilakh Mozhayskogo vodokhranilishcha [About the time-caused changes of the Fe, Mn, P dynamic forms in silts of the Mozhaysk Reservoir] // *Water Resources*. 2015. Vol. 42. No. 5. Pp. 504–509.
 11. *Nikanorov A.M.* *Gidrokimiya* [Hydrochemistry] SPb.: Gidrometeoizdat, 2008. 462 p.
 12. *Lepikhin A.P., Voznyak A.A., Tiunov A.A., Bogomolov A.V.* K problem korrektnosti metodov raschetov i zadaiya iskhodnoy gidrologicheskoy i gidrokhimicheskoy informatsiyi pri reglamentatsiyi technogennykh vozdeystviy na vodniye obyekty [On the issue of reliability of the calculation methods and introduction of initial hydrological and hydro/chemical information in the process of regulating of technological impacts upon water bodies] // *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2017. No. 1. Pp. 32–46.