

ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОТКИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

Дана оценка источников поступления биогенных веществ в Воткинское водохранилище. Рассмотрена динамика этих веществ по длине водоема, а также дана временная характеристика, в основу которой положены многолетние данные наблюдений за гидрохимическим режимом водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище; химический состав воды; биогенные вещества.

Биогенные вещества – минеральные вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. К биогенным веществам относятся соединения азота, кремния, железа и фосфора. Биогенные вещества, являясь основой биологической продуктивности водоемов, в большинстве случаев определяют и качество воды, используемой в хозяйственных целях. Таким образом, режим и динамика биогенных веществ в водохранилище является важным гидрохимическим и экологическим вопросом, рассмотрение которого и является целью представленной работы. Для максимально полного освещения поставленного вопроса необходимо выполнение определенных задач: рассмотрение различных факторов и степени их влияния на поступление биогенных веществ в водохранилище; описание сезонной, годовой динамики биогенных веществ и их динамики по акватории рассматриваемого водоема.

В водохранилище, где существует целый комплекс разнообразных факторов формирования, динамика биогенных веществ определяется их совокупностью. Это усложняет картину изменения содержания биогенных элементов и распределения их по акватории водохранилища по сезонам и годам. Однако можно выделить основные закономерности в сезонной динамике и их динамике по длине водохранилища.

При каскадном расположении водохранилищ содержание биогенных веществ в головном водохранилище зависит в основном от их количества, вносимого питающими реками, в водохранилищах второй ступени динамика биогенных элементов во многом зависит от их поступления с водами вышерасположенного водоема.

Следует отметить, что в связи с отсутствием полномасштабных гидрохимических изысканий на Воткинском водохранилище исходных материалов по концентрации в воде биогенных веществ крайне недостаточно. Наиболее полно их содержание представлено в Гидрохимических бюллетенях за 1969-1983 гг., поэтому для изучения содержания биогенных веществ и их динамики был рассмотрен именно этот временной период.

Методами, использованными при написании работы, являются: аналитический метод, метод обобщения данных различных источников, графический метод – для наглядного освещения изменений рассматриваемых характеристик.

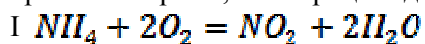
Сезонная и годовая динамика биогенных веществ

Анализ динамики биогенных веществ по сезонам года показал, что она принципиально отличается от динамики в других изученных водных объектах [2;4;5;6]. В рассмотренных авторами водохранилищах максимум концентрации всех биогенных веществ приходится на зимний период, минимум – на лето. В Воткинском водохранилище максимум веществ наблюдается в весенний, минимум – летний период.

Аммонийный азот. В колебаниях концентрации аммонийного азота по сезонам года можно выделить определенные закономерности. Практически во все время наблюдений (за исключением 1976 и 1979 г.) годовой максимум наблюдается в феврале – апреле (рис. 1-2). Вероятнее всего, это связано с тем, что в этот период вследствие зимней сработки водоема мал объем водной массы, содержащийся в водохранилище; соответственно, на один кубометр воды приходится большее количество растворенного вещества.

На содержание азота аммония в воде оказывают равноценное влияние сразу три процесса: во-первых, это изменение объема воды водохранилища, во-вторых, развитие водной флоры и фауны; в-

третьих, окисление азота аммония под воздействием кислорода и бактерий – нитрификаторов, в результате чего он окисляется в нитраты и нитриты, этот процесс двухфазовый:



Как следствие этого, происходит снижение концентрации азота аммония. Затем наблюдается некоторое колебание концентрации аммонийного азота, вероятнее всего это объясняется воздействием комплекса факторов, основные из которых – гидробиологические.

Согласно исследованиям С.А. Третьяковой, С.И. Головачевой, Е.М. Батовой [3], весной, в конце мая – первой декаде июня, обильно вегетируют диатомовые водоросли, доля которых в общей биомассе фитопланктона составляет 87-99%. Летом, в июле, наблюдается подъем численности и видового разнообразия водорослей. Летом более интенсивно фитопланктон развивается в средней части водохранилища. Так, например, в 1982 г. в верхнем районе водохранилища численность фитопланктона составляла 759,4 тыс. кл/л, в среднем – 6003 тыс. кл/л, а в нижнем – 3875,5 тыс. кл/л. В начале октября биомасса фитопланктона значительно снижается, количество альгофлоры при этом наибольшее в приплотинном районе.

Помимо прочего, следует учитывать, что на концентрацию аммонийного азота влияют антропогенные факторы – поступление его со сточными водами г. Перми, это, по всей видимости, и определяет сложную динамику этого вещества во времени.

Нитраты. Ход изменения концентрации нитратов имеет гораздо более простой ход, чем у аммонийного азота (рис. 1-2). Так как один из важных источников поступления нитратов – вымывание его из почв, то, суммируясь с другими факторами, такими как изменение водной массы, недостаток кислорода, низкое потребление гидробионтами, максимум нитратов наблюдается, так же как и у аммонийного азота, в конце зимний сработки водоема.

На концентрацию нитратов наиболее интенсивно влияют биологические процессы в водохранилищах, так как именно нитраты наиболее активно поглощаются гидробионтами. Поэтому их содержание в летний период падает до аналитического нуля. Постепенно, с уменьшением численности биомассы (соответственно уменьшением потребления нитратов) концентрация нитратов постепенно увеличивается. Кроме того, при недостатке кислорода протекает процесс нитрификации, приводящий к переходу аммонийного азота в нитраты и нитриты.

Содержание нитритов в воде Воткинского водохранилища невелико и колеблется около сотых и тысячных частей мг/л. Вероятней всего, это объясняется тем, что нитриты являются переходным звеном цепочки при преобразовании аммонийного азота в нитраты. Согласно А.И. Денисовой [5], на концентрацию нитратов оказывают влияние процессы нитрификации, денитрификации и потребления фитопланктоном, которые весьма динамичны, вследствие чего закономерности в динамике нитратов определить весьма сложно.

Исходных данных по концентрации фосфора крайне недостаточно, вследствие этого объективный анализ его динамики во времени и пространстве невозможен. Однако следует отметить, что в разные сезоны года в воде водохранилищ содержание этого вещества колеблется около 0,01 мг/л, достигая максимума (до 0,17 мг/л) в холодный период года.

Согласно Л.Н. Шияну [7] и О.А. Алекину [1], концентрация железа зависит от содержания кислорода. Преобладающее в подземных водах закисное железо (Fe^{2+}) переходит в раствор главным образом в виде гидрокарбоната железа, который устойчив только при содержании больших количеств CO_2 и отсутствии кислорода. При уменьшении CO_2 и проявлении растворенного кислорода, что, например, бывает при выходе подземных вод на поверхность, железо переходит в малорастворимый гидрат закиси железа – $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Он может присутствовать в растворе в коллоидном состоянии, которое, по-видимому, и является одной из основных форм существования железа в поверхностных водах.

Таким образом, согласно рис. 3-4, наибольшие концентрации рассматриваемого вещества наблюдаются в первую половину года, с максимумом в апреле – мае. Это указывает на то, что железо поступает в водоем преимущественно с подземным стоком.

Изменение концентрации кремния в течение года обусловлено тем, что основным источником поступления его в природные воды являются горные породы. Именно поэтому максимум содержания этого вещества приходится на зимний период, когда питание водохранилища происходит преимущественно грунтовыми водами (рис. 5-6).

Для полного представления о динамике биогенных веществ необходимо рассмотреть их динамику не только по сезонам года, но и в пространстве. Поскольку характерными значениями являются максимальные и минимальные концентрации, то для анализа динамики по длине водохранилища был взят апрель и июль. Стоит отметить, что данные по посту Гайва характеризуют качество воды во входном в водохранилище створе.

Четко прослеживается тенденция в изменении концентрации по длине водохранилища аммонийного азота и железа. Содержание азота аммония (рис. 7) повышается у г. Перми (Заостровка) по сравнению с входящим створом (микрорайон Гайва). Затем вплоть до створа Воткинской ГЭС у г. Чайковский происходит постепенное снижение концентрации данного вещества. Исходя из этого, стоит говорить об антропогенном загрязнении аммонийным азотом предприятиями г. Перми. Концентрация железа (рис. 8) на всем протяжении водохранилища постепенно уменьшается как в весенний (от 1,18 до 0,37 мг/л), так и в летний период (от 0,45 до 0,28 мг/л).

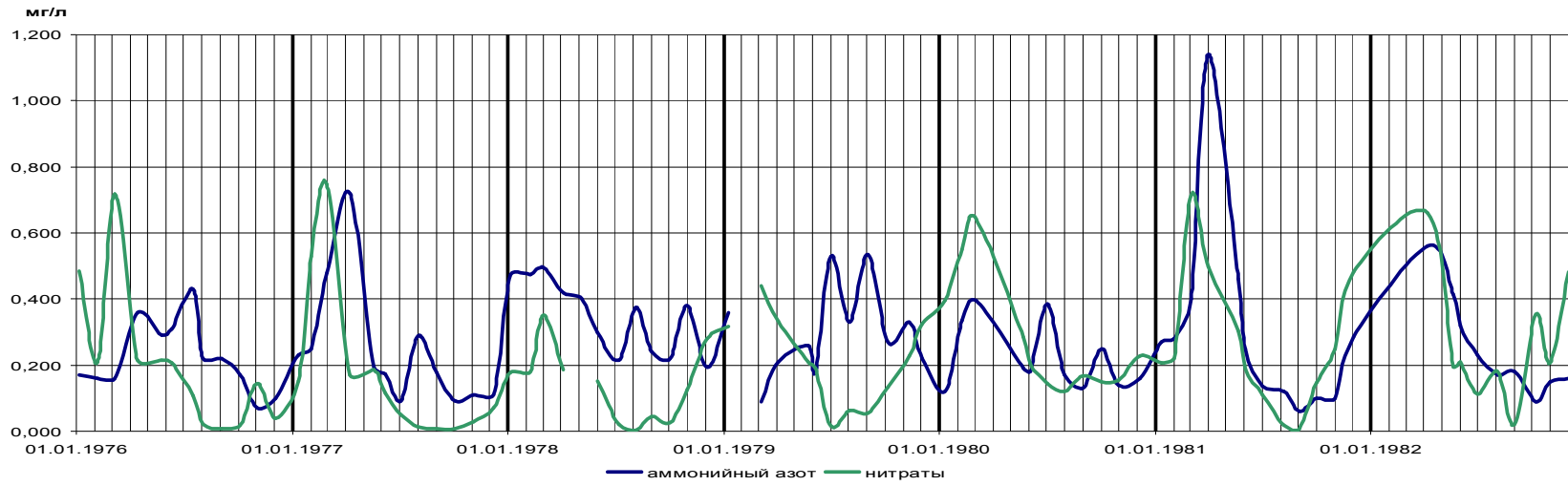


Рис. 1. Многолетние изменения концентрации азота аммония и нитратов (мг/л) в Воткинском водохранилище у г. Перми

4

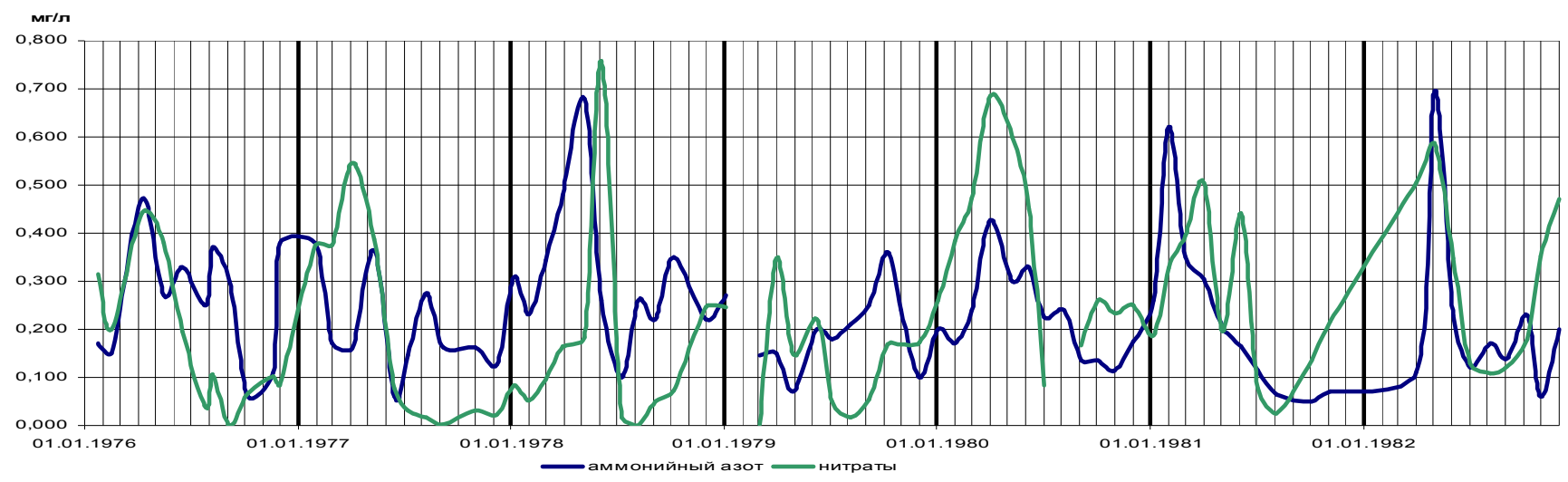


Рис. 2. Многолетние изменения концентрации азота аммония и нитратов (мг/л), Воткинское водохранилище у г. Чайковский

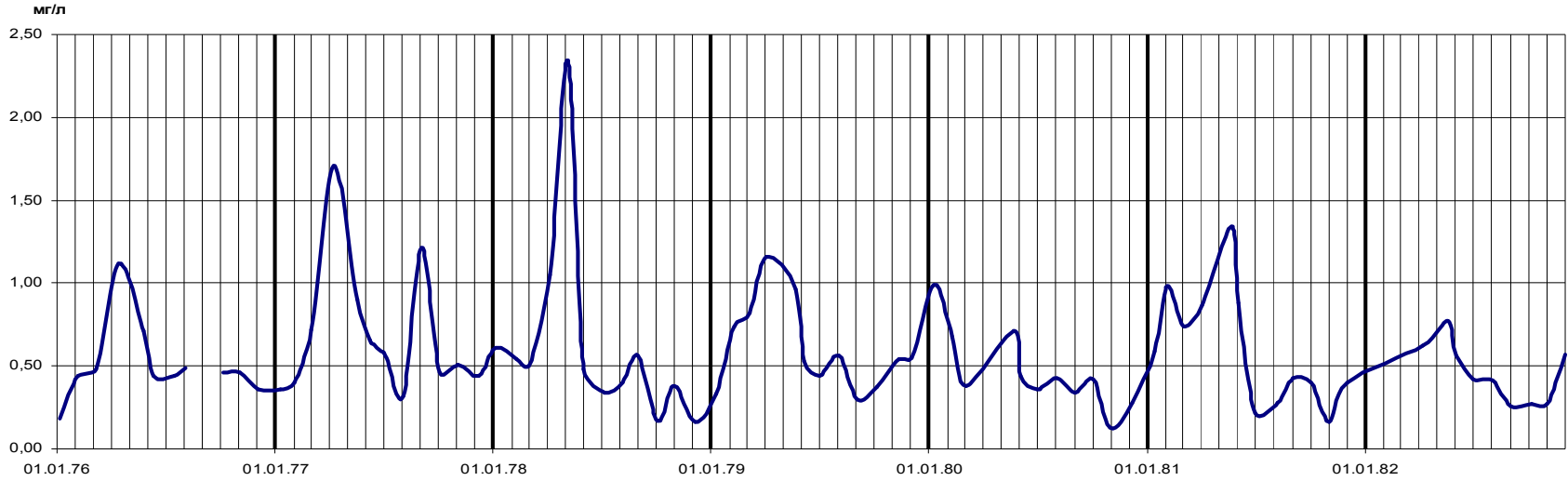


Рис. 3. Многолетний ход концентрации железа (мг/л) в Воткинском водохранилище у г. Перми

5

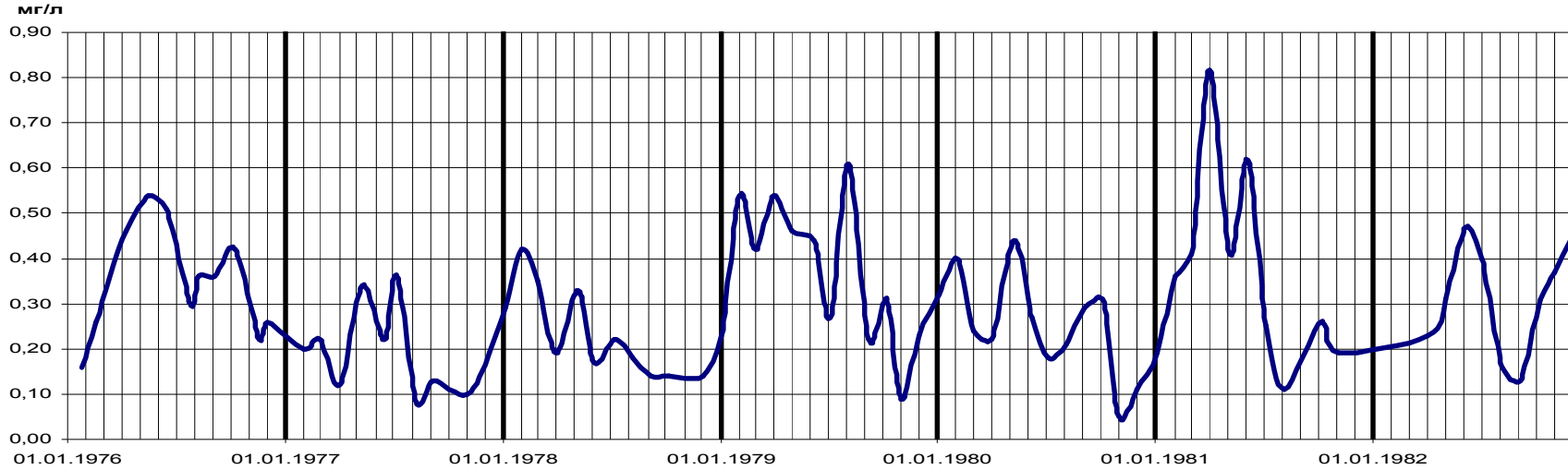


Рис. 4. Многолетний ход концентрации железа (мг/л) в Воткинском водохранилище у г. Чайковский

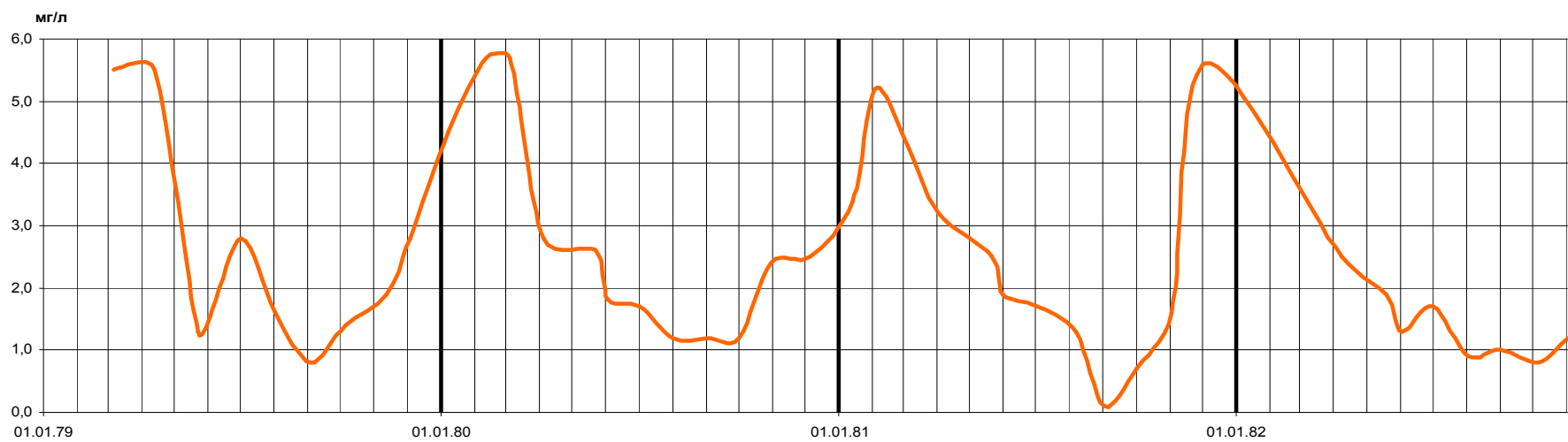


Рис. 5. Многолетний ход концентрации кремния (мг/л) в Воткинском водохранилище у г. Перми

9

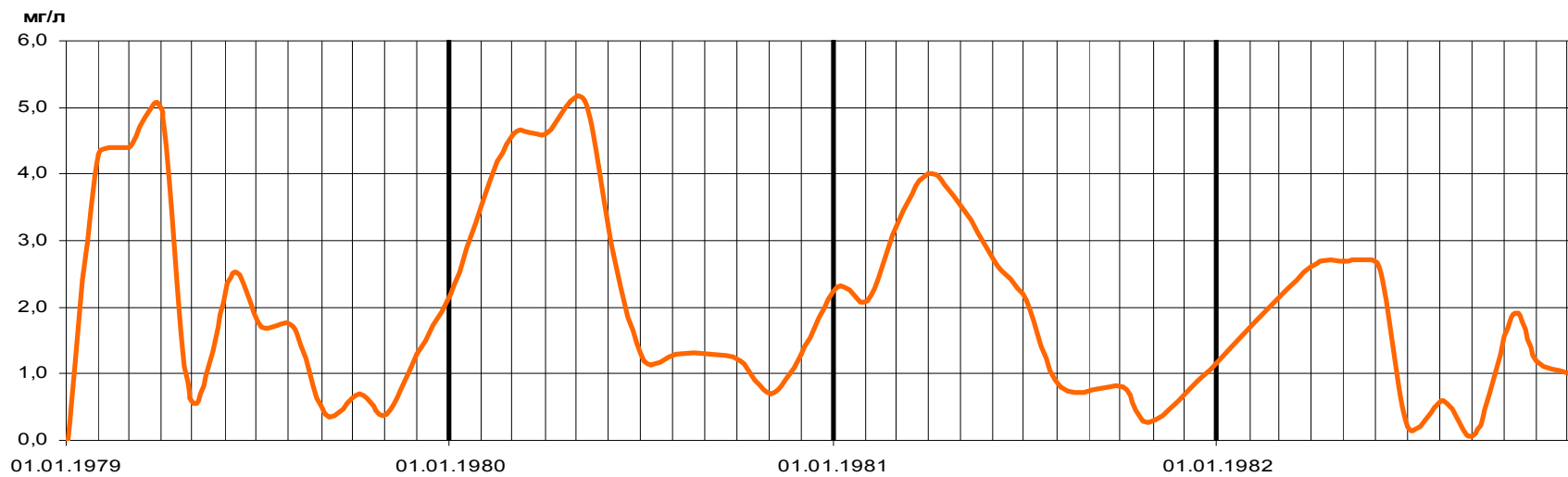


Рис. 6. Многолетний ход концентрации кремния (мг/л) в Воткинском водохранилище у г. Чайковский

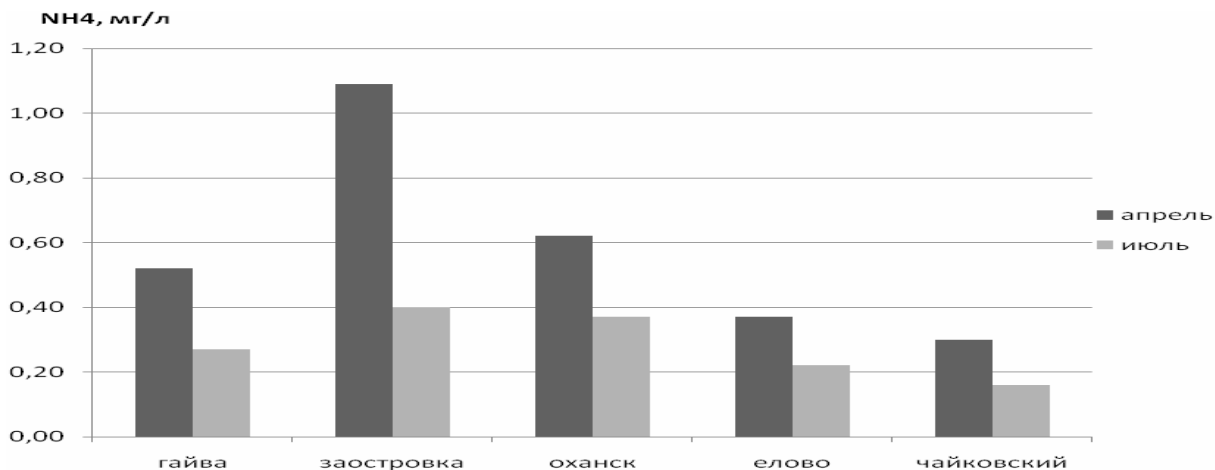


Рис. 7. Изменение концентрации азота аммония по длине Воткинского водохранилища (по данным 1969-1983 гг.)

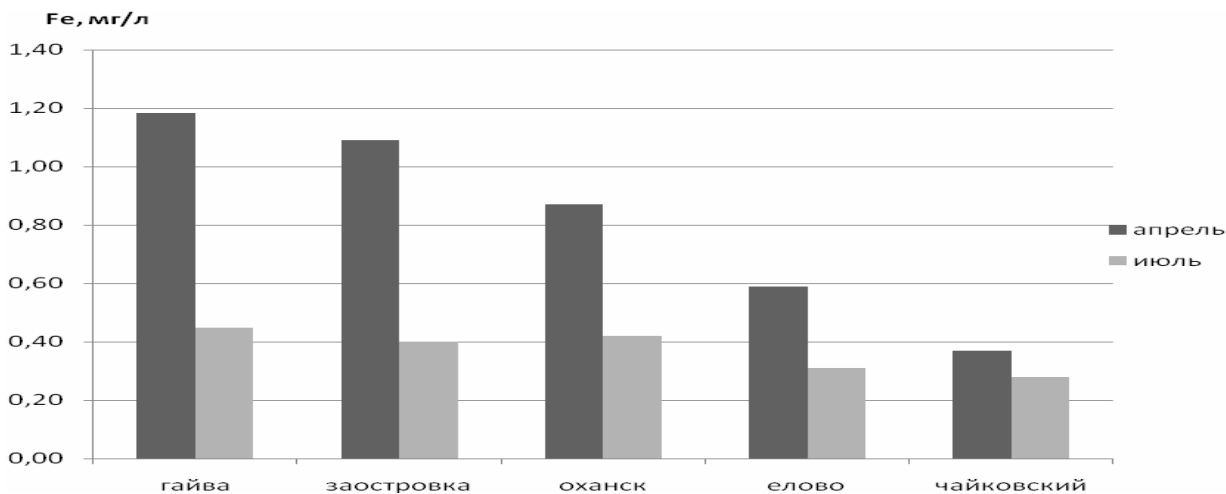


Рис. 8. Изменение концентрации железа по длине Воткинского водохранилища (по данным 1969-1983 гг.)

В динамике кремния прослеживается следующая закономерность (рис. 9): с г. Пермь (Гайва) по г. Пермь (Заостровка) концентрация этого вещества уменьшается. Затем (по данным за весенний период) несколько увеличивается к г. Оханск: с 5,13 мг/л до 5,47 мг/л. В летний период содержание практически не меняется: 1,95 мг/л и 1,90 мг/л в г. Пермь (Заостровка) и г. Оханск соответственно. Затем к п. Елово концентрация падает, снова увеличиваясь к г. Чайковский.

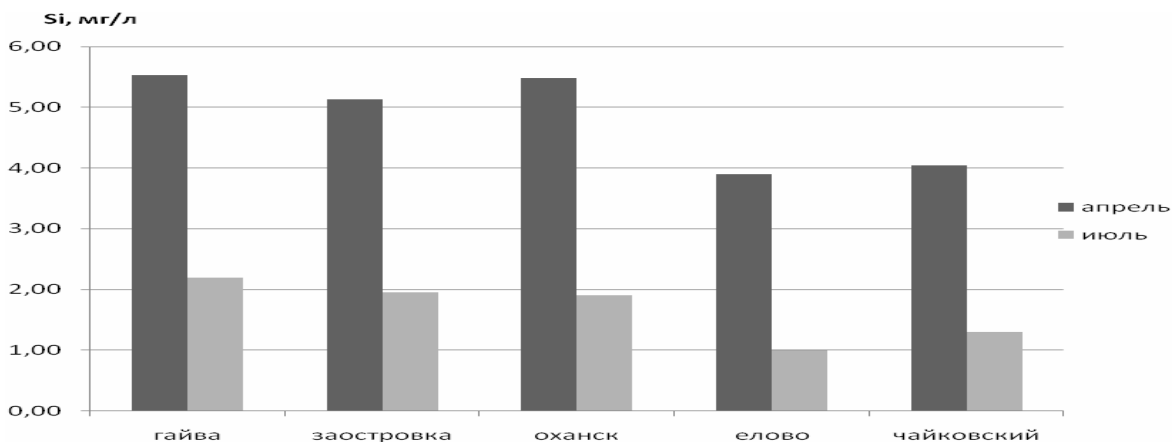


Рис. 9. Изменение концентрации кремния по длине Воткинского водохранилища (по данным 1969-1983 гг.)

Что касается нитратов (рис. 10), то следует отметить, что изменение их концентрации в весенний и летний периоды неодинаковы, вследствие чего невозможно охарактеризовать закономерность их распределения по длине водохранилища.

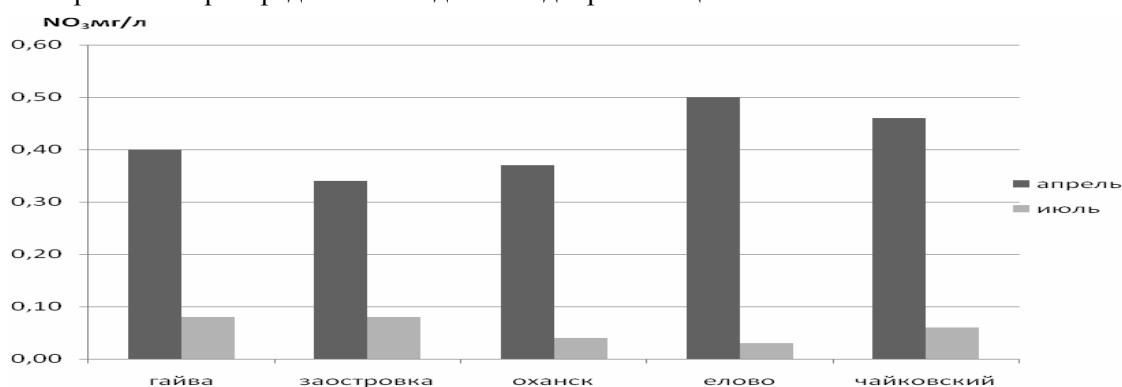


Рис. 10. Изменение концентрации нитратов по длине Воткинского водохранилища (по данным 1969-1983 гг.)

Выводы

1. Основной закономерностью внутригодового хода азотсодержащих веществ является: наличие их максимального содержания в весенний период, что связано, прежде всего, со смывом этих веществ с водосборной площади; минимальные их концентрации приходятся на летний период (как и в других водохранилищах страны), что связано с активным их поглощением гидробионтами.

2. Наибольшие концентрации железа отмечаются в первой половине года с максимумом в апреле – мае, минимальное же его содержание отмечается в фазу зимней сработки водоема и в летне-осенний период; такое распределение содержания железа определяется прежде всего наличием растворенного кислорода в водной массе, которое наиболее высоко во время наполнения водоема весной и весьма невысоко в другие фазы гидрологического режима водохранилища.

3. Основным источником поступления кремния в воды водохранилища являются горные породы; максимум его содержания приходится на зимний период, когда питание водоема происходит преимущественно грунтовыми водами.

4. Общей тенденцией изменения всех биогенных веществ по длине водохранилища является снижение их концентрации от района Пермско-Краснокамского промышленного комплекса к плотине Воткинской ГЭС.

5. Результаты оценки пространственно-временных изменений содержания биогенных веществ в воде Воткинского водохранилища могут быть использованы при характеристике их взаимодействия с гидробионтами водоема.

Библиографический список

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444с.
2. *Балзарявичене Я., Чижсаускене А.* Режим растворенного кислорода, органических и биогенных веществ в водохранилищах р. Обялис // Сборник трудов ЛитНИИГиМ, 1987. Т.18. С.21-27.
3. Биология Воткинского водохранилища. Иркутск, 1988. 184с.
4. *Даценко Ю.С.* Гидрохимический режим Учинского водохранилища // Водные ресурсы. 1984. №2. С.59-64.
5. *Денисова А.И.* Факторы, обуславливающие биологическую продуктивность, режим, содержание биогенных и органических веществ в каскаде Днепровских водохранилищ // Водные ресурсы. 1977. №6. С.67-78.
6. *Разгулин С.М., Гапеева М.В., Литвинов А.С.* Сезонная динамика и баланс биогенных элементов в Рыбинском Водохранилище // Институт биологии внутренних вод АН СССР, 1984. С.81-91.
7. *Шиян Л.Н.* Химия воды. Водоподготовка: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2004. 142 с.

I.A.Keller, A.B.Kitaev

DYNAMICS OF NUTRIENTS IN VOTKINSKOE RESERVOIR

The estimation of the sources of nutrients in the reservoir Votkinskoye. The dynamics of these substances on the length of the reservoir, also gives the time response, which builds on the long-term observations of hydrochemical regime of the reservoir.

Key words: Reservoir, water chemistry, nutrients.