

УДК 551.579

А.Б. Китаев, С.А. Двинских

**ВНУТРИГОДОВАЯ ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
В КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ**

Рассмотрена внутригодовая динамика биогенных веществ в Камском и Воткинском водохранилищах. В основу исследования положены материалы последнего десятилетия (2003–2013 гг.). Дан анализ изменения содержания биогенных веществ в годы различной водности (многоводный и маловодный). Отмечены факторы, влияющие на содержание биогенных веществ в различные фазы режима водоемов. Дана оценка изменения концентрации этих веществ в местах расположения Березниковско-Соликамского и Пермско-Краснокамского промышленных комплексов, а также в районах, не испытывающих сильного техногенного пресса. В изменении содержания биогенных элементов отмечена сезонная зависимость, определяемая гидрофизическими и биологическими процессами, изменениями величин стока и влиянием природных факторов. Показано, что концентрации биогенных элементов в многоводном и маловодном годах вполне сравнимы, влияние водности года сказывается лишь во время весеннего наполнения водоемов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: водохранилище, биогенные вещества, природные и антропогенные факторы, загрязнение.

A.B. Kitaev, S.A. Dvinskikh

INTRA-ANNUAL DYNAMICS OF NUTRIENTS IN KAMA RESERVOIRS

Considered the intra-annual dynamics of nutrient in Kama and Votkinsk reservoirs. The research is based on the materials of the past decade (2003–2013). Noted the factors influencing the content of nutrients in the different phases of the regime of water bodies. Noted factors influencing nutrient in different phases of the regime of reservoirs. The estimation of changes in the concentration of these substances in the locations of the Berezniki-Solikamsk and Permian-Krasnokamsk industrial complexes, as well as in areas not experiencing strong anthropogenic press. The change in the content of biogenic elements marked seasonal dependence, as defined by hydrophysical and biological processes, changes in the quantities of flow and influence of natural factors. It is shown that the concentration of nutrients in high water and low water years quite comparable, the influence of the water content of the year affects only during the spring filling of ponds.

К е у о р д: reservoir, nutrients, natural and anthropogenic factors, pollution.

Введение

Биогенные вещества в природных водах – вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. К ним относятся соединения азота, фосфора, кремния и железа. Известно, что биогенные вещества поступают с речным стоком, атмосферными осадками, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. Источниками их поступления являются и внутриводоемные процессы. Биогенные вещества, являясь основой биологической продуктивности водоемов, в большинстве случаев определяют качество воды, используемой в хозяйственных целях.

Режим биогенных элементов изучен гораздо меньше, чем режим главнейших ионов. Объясняется это тем, что определение этих элементов необходимо производить очень быстро после взятия пробы воды из реки, что часто представляет технические затруднения [1]. Режим NO_3^- в речной воде характеризуется минимальным содержанием в летний период, во время которого ионы NO_3^- потребляются водными растениями. Нередко потребление NO_3^- столь интенсивно, что содержание его падает до аналитического нуля. Осенью содержание NO_3^- с уменьшением его потребления увеличивается и зимой достигает максимума, когда при минимальном его потреблении происходит распад органического вещества и переход азота из органического состояния в минеральное [1]. В весенний период содержание NO_3^- вновь уменьшается. Подобные изменения содержания характерны

для NO_2^- и NH_4^+ , а также для соединений фосфора. Содержание железа в речной воде более разнообразно: в северных реках оно часто достигает нескольких мг/л, но в южных реках его количество обычно не превышает 1 мг/л. Наибольшие количества железа наблюдаются при переходе реки на грунтовое питание зимой и при установлении ледяного покрова. Однако в ряде рек, имеющих сток с болот, наблюдается повышенное содержание железа весной [1]. Содержание соединений кремния в речной воде обычно находится в пределах 2–6 мгSi/л [1]. Наибольшие концентрации кремния характерны для зимнего периода, что связано с переходом рек на грунтовое питание.

Таким образом, в изменении содержания биогенных веществ наблюдается сезонная зависимость, определяемая гидрофизическими и биологическими процессами, изменениями стока и влиянием природных и антропогенных факторов.

Цель исследований – дать временную характеристику изменения содержания биогенных веществ в камских водохранилищах в настоящее время. Объектами исследования являются Камское и Воткинское водохранилища.

Результаты и их обсуждение

Для рассмотрения изменения содержания биогенных элементов в Камском и Воткинском водохранилищах в современных условиях взяты материалы за маловодный (2008) и многоводный (2009) годы из последнего десятилетия. Оценка внутригодовых изменений биогенных элементов дана в основные фазы водного режима водоемов: зимняя сработка (январь–март, декабрь), весеннее половодье (апрель–май), летне-осенняя стабилизация уровня (июнь–август) и период дождевых паводков (сентябрь–ноябрь). Для оценки были использованы следующие створы: г. Березники (Камское водохранилище), г. Добрянка (Камское водохранилище), г. Пермь (Воткинское водохранилище), г. Краснокамск (Воткинское водохранилище), г. Оханск (Воткинское водохранилище), г. Чайковский (Воткинское водохранилище). Режим биогенных веществ за более ранний период представлен в работах [2; 4–16].

Наибольшее содержание биогенных элементов в створе г. Березники Камского водохранилища в маловодном году (рис.1) отмечается среди соединений кремния (Si), наименьшее – среди соединений азота (NO_2^-) и фосфора ($\text{P}_{\text{общ}}$). Максимальное содержание $\text{Fe}_{\text{общ}}$ составило 0,79 мг/л, превысив ПДК в 3 раза (ПДК $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – 0,3 мг/л), и наблюдалась в марте. Наименьшая концентрация составила 0,18 мг/л и наблюдалась в августе. Содержание NH_4^+ изменялось в пределах от 0,06 до 1,67 мг/л с максимальным значением в феврале и минимальным в июне. Максимальное содержание NO_3^- наблюдалось в апреле и составило 1,68 мг/л, минимальное – 0,01 мг/л в июне. Концентрация нитрит-иона постепенно снижалась внутри года с февраля по сентябрь от 0,014 до 0,001 мг/л соответственно. Концентрация $\text{P}_{\text{общ}}$ изменялась в диапазоне (0,014–0,063) мгP/л и достигала наибольшего значения в апреле, наименьшего – в июне. В течение года наименьшим изменениям содержания подвержены соединения азота (NO_2^-).

В створе г. Березники в многоводном году содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–4,30 мг/л. Наибольшее содержание характерно для соединений кремния (Si), наименьшее – для соединений азота (NO_2^-) и фосфора ($\text{P}_{\text{общ}}$). Концентрация $\text{Fe}_{\text{общ}}$ изменялась от 0,55 до 0,92 мг/л, с максимальным содержанием в апреле и минимальным в июле. Наибольшее содержание иона-аммония отмечалось в ноябре, составив 1,02 мг/л, наименьшее – в июне 0,27 мг/л. Максимальное содержание NO_3^- составило 2,25 мг/л и наблюдалось в апреле, минимальное – в августе и было 0,03 мг/л. Концентрация NO_2^- в течение года была близка к 0 и увеличилась лишь в апреле до 0,005 мг/л. Концентрация $\text{P}_{\text{общ}}$ изменялась в диапазоне 0,011–0,046 мгP/л. Максимальная концентрация Si у г. Березники составила 4,30 мгSi/л и наблюдалась в марте, минимальная – 2,40 мгSi/л и приходилась на июнь. В течение года наименьшее содержание Si отмечалось в мае–июле. Концентрации биогенных элементов в течение маловодного и многоводного годов у г. Березники отличались незначительно.

Концентрация биогенных элементов у г. Добрянки в маловодном году (рис.2) изменялась в диапазоне 0,00–5,30 мг/л. Наибольшее содержание приходилось на соединения кремния (Si). Наибольшее содержание $\text{Fe}_{\text{общ}}$ составило 0,59 мг/л и наблюдалось в марте, наименьшее – 0,32 мг/л и было в июне. Содержание $\text{P}_{\text{общ}}$ изменялось в диапазоне 0,007–0,056 мгP/л с наибольшим значением в ноябре, наименьшим – в июне. Содержание иона-аммония изменялось от 0,05 до 0,38 мг/л с максимальным значением в августе и минимальным в июне. Максимальное содержание нитрат-иона наблюдалось в марте и составило 0,51 мг/л, минимальное – 0,02 мг/л и было в июне. Концентрация

нитрит-иона постепенно снижалась внутри года с марта по август от 0,005 до 0,000 мг/л. В течение года наименьшим изменениям содержания подвержены соединения азота (NO_2^-) и фосфора ($\text{P}_{\text{общ.}}$).

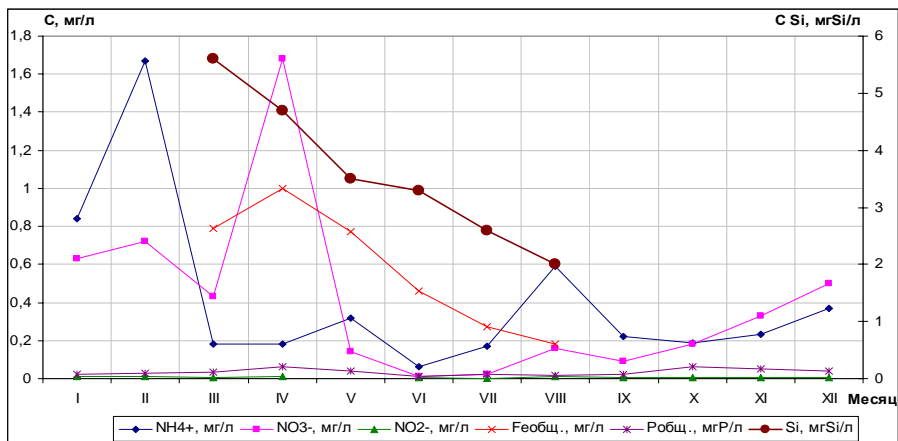


Рис. 1. Внутригодовое изменение содержания биогенных элементов в створе г. Берзеньки за 2008 г.

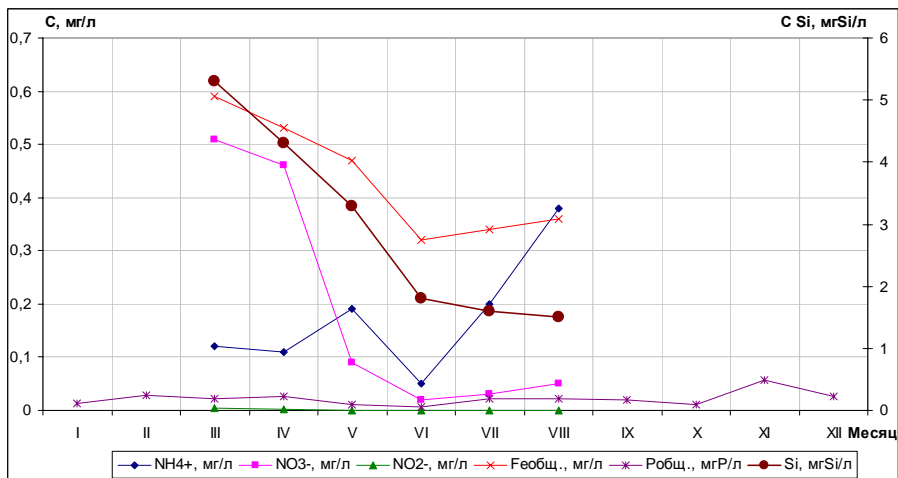


Рис. 2. Внутригодовое изменение содержания биогенных элементов в створе г. Добрянки за 2008 г.

Содержание биогенных элементов у г. Добрянки в многоводном году находилось в диапазоне 0,00–4,00 мг/л. Содержание $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ изменялось в пределах от 0,26 до 0,83 мг/л, наибольшее содержание наблюдалось в мае, наименьшее – в августе. Наибольшее содержание NH_4^+ отмечалось в мае и составило 0,28 мг/л, наименьшее – в августе 0,11 мг/л. Максимальное содержание NO_3^- составило 0,59 мг/л и наблюдалось в марте, минимальное – в августе 0,04 мг/л. Содержание NO_2^- в течение года было близко к нулю. Содержание $\text{P}_{\text{общ.}}$ изменялось от 0,011 до 0,032 мг/л, содержание

Si изменялось от 1,70 до 4,00 мгSi/л. Концентрации NO_2' и $\text{P}_{\text{общ.}}$ изменялись незначительно в течение года, концентрации $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, NH_4' , NO_3' и Si постепенно уменьшались от марта к августу.

Концентрация биогенных элементов у г. Перми (Воткинское водохранилище) в течение маловодного года (рис.3) изменялась в диапазоне 0,00–4,70 мг/л. Наибольшее содержание $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ составило 0,83 мг/л и наблюдалось в декабре, наименьшее – 0,08 мг/л и было в сентябре. Концентрации $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ превысили ПДК в 2 раза и более. Содержание $\text{P}_{\text{общ.}}$ изменялось в диапазоне 0,012–0,314 мгP/л с наибольшим значением в апреле, наименьшим – в августе и сентябре. Содержание NH_4' изменялось от 0,07 до 0,39 мг/л с максимальным значением в феврале и минимальным в марте и июле. Максимальное содержание NO_3' наблюдается в апреле и составило 3,00 мг/л, минимальное – 0,01 мг/л в июле. Концентрация NO_2' изменялась от 0,00 до 0,027 мг/л. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 4,70 до 1,60 мгSi/л. В годовом аспекте наименьшим изменениям содержания подвержены соединения азота (NO_2' и NH_4') и фосфора ($\text{P}_{\text{общ.}}$).

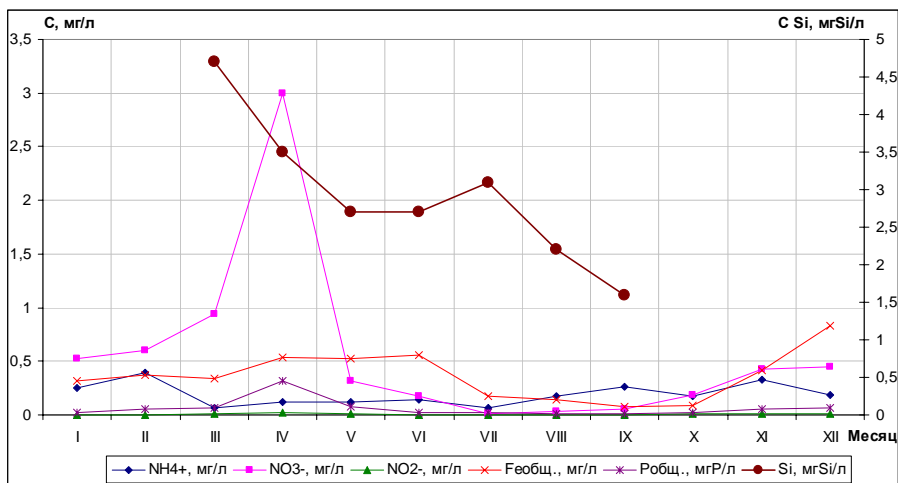


Рис. 3. Внутригодовое изменение содержания биогенных элементов в створе г. Пермь за 2008 г.

В многоводном году у г. Перми содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–4,00 мг/л. Наибольшее содержание характерно для соединений кремния (Si), наименьшее – для соединений азота (NO_2') и фосфора ($\text{P}_{\text{общ.}}$). Концентрация $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ изменялась от 0,08 до 0,72 мг/л, с максимальным содержанием в феврале и минимальным в сентябре. Наибольшее содержание иона аммония отмечалось в апреле и составило 0,46 мг/л, наименьшее – в январе и было равно 0,14 мг/л. Максимальное содержание NO_3' составило 1,29 мг/л и наблюдалось в марте, минимальное содержание наблюдалось в августе и составило 0,15 мг/л. Концентрация NO_2' в течение года близка к нулю и увеличилась лишь в апреле до 0,010 мг/л. Концентрация $\text{P}_{\text{общ.}}$ изменялась в диапазоне 0,018–0,092 мгP/л. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 4,00 до 1,80 мгSi/л.

В створе г. Краснокамска в маловодном году (рис.4) содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–5,20 мг/л; содержание $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ в диапазоне 0,08–0,59 мг/л с максимальным значением в июне и минимальным в сентябре. Наибольшее содержание NH_4' наблюдалось в январе и составило 0,42 мг/л, наименьшее – в июле и было равно 0,08 мг/л. Максимальное содержание NO_3' наблюдалось в марте и составило 0,73 мг/л, минимальное – 0,02 мг/л и было в июле. Содержание NO_2' находилось в диапазоне 0,00–0,011 мг/л. Максимальная концентрация наблюдалась в январе, минимальная концентрация – в июне, июле и сентябре. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 5,20 до 0,50 мгSi/л.

В многоводном году содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–4,10 мг/л. Концентрация $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ у г. Краснокамска незначительно отличалась от таковой в районе г. Перми и

изменялась от 0,07 до 0,79 мг/л. Наибольшее содержание иона-аммония отмечалось в апреле и составило 0,46 мг/л, наименьшее – в сентябре и было равно 0,13 мг/л. Максимальное содержание нитрат-иона составило 1,23 мг/л и наблюдалось в апреле, минимальное содержание наблюдалось в августе и составило 0,15 мг/л. Концентрация нитрит-иона в течение года равна нулю и увеличилась лишь в сентябре до 0,006 мг/л. Концентрация $P_{\text{общ}}$ изменялась в диапазоне 0,012–0,037 мгР/л. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 4,10 до 1,70 мгSi/л.

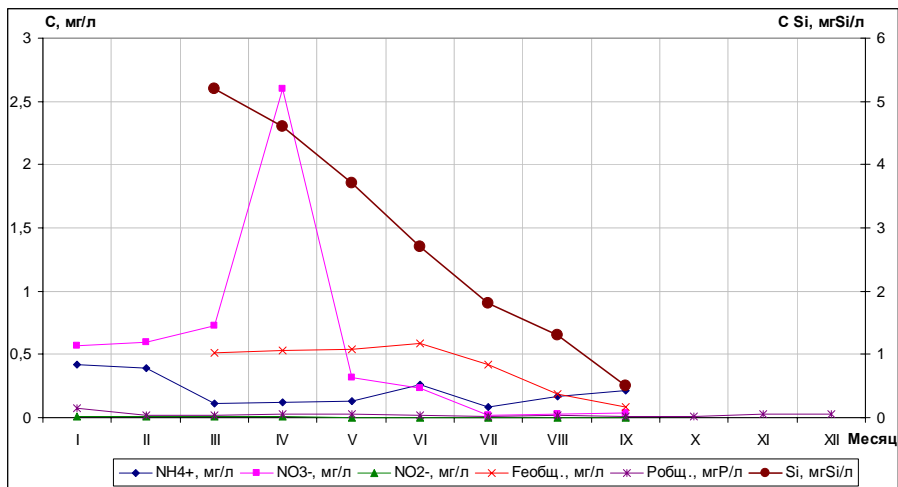


Рис. 4. Внутригодовое изменение содержания биогенных элементов в створе г. Краснокамска за 2008 г.

Концентрация биогенных элементов у г. Оханска в маловодном году (рис.5) изменялась в диапазоне 0,00–5,50 мг/л. Наибольшее содержание $Fe_{\text{общ}}$ составило 0,58 мг/л и наблюдалось в июне, наименьшее – 0,11 мг/л в сентябре. Содержание $P_{\text{общ}}$ изменялось в диапазоне 0,014–0,029 мгР/л с наибольшим значением в апреле, наименьшим – в феврале. Содержание NH_4^+ изменялось от 0,07 до 0,29 мг/л с максимальным значением в сентябре и минимальным в марте. Максимальное содержание NO_3^- наблюдалось в марте и составило 0,70 мг/л, минимальное – 0,05 мг/л в сентябре. Концентрация NO_2^- изменялась от 0,000 до 0,006 мг/л. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 5,50 до 0,70 мгSi/л. В течение года наименьшим изменениям содержания подвержены соединения азота (NO_2^-) и фосфора ($P_{\text{общ}}$).

Содержание биогенных элементов в многоводном году находилось в диапазоне 0,00–5,20 мг/л. Концентрация $Fe_{\text{общ}}$ изменялась от 0,11 до 0,77 мг/л. Наибольшее содержание иона-аммония отмечено в апреле и составило 0,34 мг/л, наименьшее – в августе и сентябре и было равно 0,11 мг/л. Максимальное содержание нитрат-иона составило 0,92 мг/л и наблюдалось в марте, минимальное содержание наблюдалось в сентябре и составило 0,17 мг/л. Концентрация нитрит-иона в течение года равна нулю. Концентрация $P_{\text{общ}}$ изменялась в диапазоне 0,012–0,037 мгР/л. Содержание Si постепенно уменьшалось в течение года от 5,20 до 1,70 мгSi/л. Содержание соединений азота (NH_4^+ и NO_3^-), железа ($Fe_{\text{общ}}$) и кремния (Si) уменьшалось с марта по сентябрь. Концентрации биогенных элементов в течение маловодного и многоводного годов у г. Оханска отличались незначительно.

В верхнем бьефе Воткинского гидроузла у г. Чайковского в маловодном году содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–3,90 мг/л. Содержание $Fe_{\text{общ}}$ изменялось в диапазоне 0,06–0,36 мг/л с максимальным значением в июне и минимальным в сентябре. Наибольшая концентрация NH_4^+ наблюдалась в сентябре и составила 0,24 мг/л, наименьшая – в марте и была равна 0,08 мг/л. Максимальное содержание NO_3^- наблюдалось в мае и составило 0,62 мг/л, минимальное – 0,01 мг/л и было в сентябре. Содержание NO_2^- находилось в диапазоне 0,000–

0,009 мг/л. Максимальная концентрация наблюдалась в июне, минимальная – в сентябре. Содержание Si изменялось в течение года от 2,60 до 3,90 мгSi/л. Концентрация $P_{\text{общ}}$ изменялась в интервале 0,013–0,037 мгP/л.

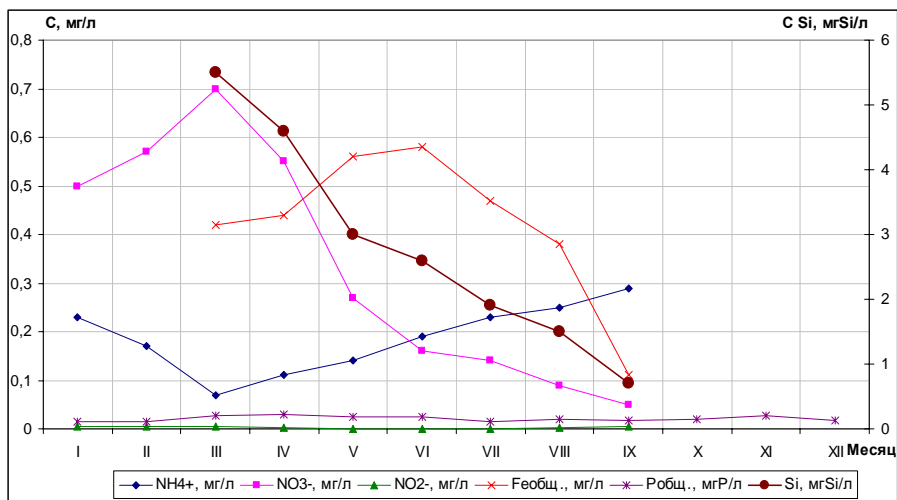


Рис. 5. Внутригодовое изменение содержания биогенных элементов у г. Оханска за 2008 г.

В многоводном году содержание биогенных элементов находилось в диапазоне 0,00–4,90 мг/л. Концентрация $Fe_{\text{общ}}$ изменялась от 0,02 до 0,49 мг/л. Наибольшее содержание иона-аммония отмечено в сентябре и составило 0,41 мг/л, наименьшее – в мае и равно 0,09 мг/л. Максимальное содержание нитрат-иона было 0,93 мг/л и наблюдалось в марте, минимальное наблюдалось в сентябре и составило 0,15 мг/л. Концентрация нитрит-иона в течение года была равна нулю. Концентрация $P_{\text{общ}}$ изменялась в диапазоне 0,009–0,044 мгP/л. Содержание Si постепенно уменьшалось от 4,90 до 1,60 мгSi/л в период март–июнь, затем увеличилось до 2,10 мгSi/л. Содержание соединений азота (NH_4^+ и NO_3^-), железа ($Fe_{\text{общ}}$) и кремния (Si) уменьшалось в период март–август.

Сравнив внутригодовое изменение содержания биогенных элементов в рассматриваемых створах камских водохранилищ за маловодный и многоводный годы последнего десятилетия, можно сделать следующие **выводы**:

1) в течение года в изменении содержания биогенных элементов прослеживается сезонная зависимость, определяемая гидрофизическими и биологическими процессами, изменениями величин стока и влиянием природных факторов;

2) наибольшие концентрации биогенных элементов в камских водохранилищах отмечаются в весенний период (что связано, прежде всего, с переходом на грунтовое питание), наименьшие – в летне-осенний период (действие биологического фактора);

3) повышенные концентрации могут быть объяснены также поступлением биогенных элементов с промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами; а для соединений железа – с поступлением вод с болотных массивов и территории бывшего Кизеловского угольного бассейна [3];

4) концентрации биогенных элементов в многоводном и маловодном годах вполне сравнимы, влияние водности года сказывается лишь во время весеннего наполнения водоемов; в фазу летне-осенней стабилизации уровня воды и во время зимней сработки водохранилищ этого не наблюдается, поскольку объем водоемов в различные по водности годы практически одинаков и, следовательно, аналогично идут процессы разбавления и смешения вод.

Библиографический список

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 442 с.
2. *Бурматова Э.А.* Химическая география Камского водохранилища: автореф. дисс.... канд. геогр. наук. Пермь, 1969. 22 с.
3. *Двищих С.А., Вострокнутова Ю.О., Китаев А.Б.* Роль техногенного железа в формировании его содержания в воде Камского и Воткинского водохранилищ // Географический вестник. 2015. №4(35). С.18–25.
4. *Келлер И.А., Китаев А.Б.* Динамика биогенных веществ в Воткинском водохранилище // Географический вестник. Пермь, 2011. № 3(18). С.27–35.
5. *Китаев А.Б.* Химическая география камских водохранилищ в современных условиях (по материалам 1970-1981 гг.) // Вопросы гидрологии и водной экологии камских водохранилищ и их водосборов / Перм. ун т. Пермь, 1985. С.20–27.
6. *Китаев А.Б.* Химическое загрязнение водохранилищ Камского каскада // Современные наукоемкие технологии. М.: Академия естествознания, 2008. №8. С.48–49.
7. *Китаев А.Б.* Биогенные вещества в районах промышленных комплексов и их трансформация по длине Камских водохранилищ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. М.: Академия естествознания, 2009. №7. С.31–32.
8. *Китаев А.Б.* Химический состав воды Камского водохранилища в условиях современной техногенной нагрузки // Чистая вода – стратегический ресурс настоящего и будущего: сб. мат. межрег. конгресса «Чистая вода». Пермь, 2009. С.66–70.
9. *Китаев А.Б.* Химическое загрязнение Воткинского водохранилища под воздействием Пермско-Краснокамского промышленного комплекса // Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание: сб. стат. Межд. науч-прак. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. С.60–62.
10. *Китаев А.Б.* Химический состав воды Камского водохранилища (по материалам 2003-2005 гг.) // Научные основы экологического мониторинга водохранилищ: мат. Всерос. науч-прак. конф. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2010 (Дружининские чтения. Вып. 4). С.80–82.
11. *Китаев А.Б.* Сезонная динамика минерального азота в воде Камского водохранилища // География, история и геоэкология на службе науки и инновационного образования: мат. Всерос. с межд. участием науч-прак. конф. Красноярск, 2012. Вып.7. С.138–140.
12. *Китаев А.Б.* Условия формирования и динамика биогенных веществ в воде Камского водохранилища // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: мат. II Всерос. науч-прак. конф. Челябинск: Край Ра, 2012. С.98–102.
13. *Китаев А.Б.* Химическое загрязнение Камского и Воткинского водохранилищ // Экологическая безопасность горно-промышленных регионов: тр. Межд. науч-прак. конф. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2013. С.45–54.
14. *Китаев А.Б.* Пространственная динамика биогенных веществ в Камских водохранилищах // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: мат. IV заоч. Всерос. с межд. участием науч-прак. конф. Челябинск: Край Ра, 2015. С.153–160.
15. *Китаев А.Б., Келлер И.А.* Динамика биогенных веществ в Камском водохранилище // Вопросы гидрологии и гидроэкологии Урала: юбилейный сб. науч. тр. Пермь, 2009. С.59–67.
16. *Китаев А.Б., Келлер И.А.* Установление роли гидродинамических факторов в формировании режима биогенных веществ Воткинского водохранилища // Современные проблемы географии, экологии и природопользования: мат. Межд. науч-прак. конф. Волгоград, 2012. С.255–259.

Авторы выражают признательность сотрудникам ФГУ «Камводэксплуатация» А.Г. Казакову и Д.Г. Жуйкову за предоставленную исходную информацию для настоящего исследования.

Поступила в редакцию 01.02.2016

Сведения об авторах**Китаев Александр Борисович**

кандидат географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: hydrology@psu.ru

Двинских Светлана Александровна

доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: hydrology@psu.ru

About the authors**Alexandr B. Kitaev**

Candidate of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russia; e-mail: hydrology@psu.ru

Svetlana A. Dvinskikh

Doctor of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; e-mail: hydrology@psu.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Китаев А.Б., Двинских С.А. Внутригодовая динамика биогенных веществ в камских водохранилищах // Географический вестник. 2016. №1(36). С.87–94.

Please cite this article in English as:

Kitaev A.B., Dvinskikh S.A. Intra-annual dynamics of nutrients in kama reservoirs // Geographicheskii Vestnik. 2016. № 1(36). P. 87–94.