

Результаты спектрального анализа проб из различных слоев геологического разреза осыпей, а также покровных отложений позволит установить их геохимические характеристики и проследить динамику палеоклиматических изменений региона.

Выводы

Отличительные особенности инфлюационных и остаточных отложений карстовых систем позволяют выявлять особенности формирования их фациальных обстановок.

Сопоставление геохимических характеристик плейстоценовых отложений спелеосистемы Кунгурской Ледяной пещеры и геологических разрезов перекрывающих отложений дает представление о взаимосвязи фациальных обстановок в подземных и наземных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кунгурская ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / ГИ УрО РАН; под ред. В.Н. Дублянского; [отв. ред. А.И. Кудряшов]. – Екатеринбург, 2005. – 376 с.: ил.

УДК 556.5

DOI:10.7242/echo.2022.1.3

К ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ р. КАМЫ (КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА) В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В РАЙОНЕ г. БЕРЕЗНИКИ

А.П. Лепихин, А.В. Богомолов, Ю.С. Ляхин
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Рассматриваются вопросы особенности формирования качества воды в р. Каме в районе г. Березники, являющейся важным источником технического водоснабжения. В период летней межени возникают серьезные риски обеспечения устойчивости водоснабжения. Исходя из традиционных представлений в период зимней межени, при прохождении значительно меньших расходов воды эти риски должны значительно усиливаться. Однако, как показывают материалы ведомственного мониторинга, а так же выполненных натурных исследований, в зимний период наблюдается устойчивое функционирование технических водозаборов из р. Камы. Показано, что летний период, когда данный участок р. Камы находится в подпоре от Камской ГЭС, при значительном снижении скоростей течений формируется вертикальная стратификация водных масс, существенно снижающая устойчивость водопользования из придонной области. В зимний период при значительной сработке водохранилища, на данном участке наблюдаются типичные речные условия с существенно более высокими скоростями течения. При этих условиях наблюдается интенсивное вертикальное перемешивание водных масс, что улучшает потребительские свойства воды, что необходимо для устойчивого водоснабжения.

Ключевые слова: Камское водохранилище, техническое водоснабжение, особенности сезонной динамики качества воды, вертикальная стратификация водных масс.

Введение

Действующая система регламентации отведения сточных вод в водотоки-приемники основана на следующем базовом допущении. При постоянных параметрах их сброса содержание регламентирующих загрязняющих веществ в контрольном створе определяется расходом водотока приемника. Чем больше расход,

тем значительней разбавление отводимых стоков, тем ниже уровень загрязнения в контрольном створе, тем ниже риск возникновения нештатных экстремальных ситуаций. Для удобства решения задач регламентации было введено в [1] понятие минимального расчетного расхода воды, под которым понимают минимальный месячный расход года 95% обеспеченности. Данная схема лежит в основе установления системы действующих «нормативов допустимых сбросов» НДС. Она исходит из следующего базового положения: если при минимальных расчетных расходах воды будут выполняться нормативные требования к качеству воды, то они гарантировано будут соблюдаться и при больших расходах. На реках, расположенных в средней полосе России, на территории Урала, минимальные расходы воды наблюдаются в период зимней межени. Однако данная схема не выполняется для ряда имеющих очень важное практическое значение ситуаций и существенно влияет на оценку устойчивости, надежности систем водоснабжения крупных промышленных центров. В работах [2-6] рассматриваются особенности формирования техногенных нагрузок и устойчивость функционирования Камского водохранилища как важнейшего источника технического водоснабжения промышленных предприятий г. Березники. В [5, 6] было показано на основе материалов натуральных наблюдений, что в период летней межени при расходах воды 350-450 м³/с на глубинных водозаборах могут наблюдаться превышения нормативных требований к качеству воды, обусловливаемые формированием вертикальной стратификации водных масс. Так как в период зимней межени наблюдаются существенно меньшие расходы воды, 200-250 м³/с, то должны существенно увеличиваться риски снижения устойчивости технического водоснабжения. Однако анализ материалов ведомственного мониторинга качества забираемой воды свидетельствует о надежности функционирования системы технического водоснабжения в зимний период из р. Камы. При этом следует отметить, что в зимний период наблюдается значительная сработка водохранилища – понижение уровня воды на 6-7 м, а гидрологический режим водохранилища трансформируется в типичные речные условия, характеризующиеся высокими скоростями течений и значительно меньшими глубинами.

Возникает вопрос: почему при больших расходах воды, при более высоких уровнях воды, наблюдаемых в теплый период на Камском водохранилище в районе г. Березники, на глубинных водозаборах риски забора воды ненормативного качества более значительны, чем в зимний период. Для получения ответа на этот принципиальный вопрос для обеспечения устойчивости технического водоснабжения промышленных предприятий г. Березников в зимний период 2022 г. был выполнен комплекс натуральных полевых исследований по оценке распределения гидравлических и гидрохимических показателей по акватории и глубине на рассматриваемом водном объекте.

Материалы и методы

Комплекс полевых исследований включал в себя отбор проб воды на отдельных контрольных вертикалях, оценку вертикальной однородности водных масс с использованием показателя удельной электропроводности воды, а так же распределения скоростей потока по отдельным вертикалям. Показатель удельной электропроводности воды удобно использовать для оценки пространственной неоднородности общей минерализации воды, так как этот показатель тесно связан с минерализацией воды, а, соответственно, с содержанием в ней основных макрокомпонентов. Общая схема расположения контрольных вертикалей на рассматриваемом участке р. Камы представлена на рисунке 1. Контрольная вертикаль № 1 расположена в устье р. Северная Ленва, вертикаль № 7 – выше места впадения вод реки

Толыч в р. Каму на момент производства работ (значительная сработка уровня Камского водохранилища в зимний период), вертикаль № 18 – место сброса сточных вод ООО «Сток».

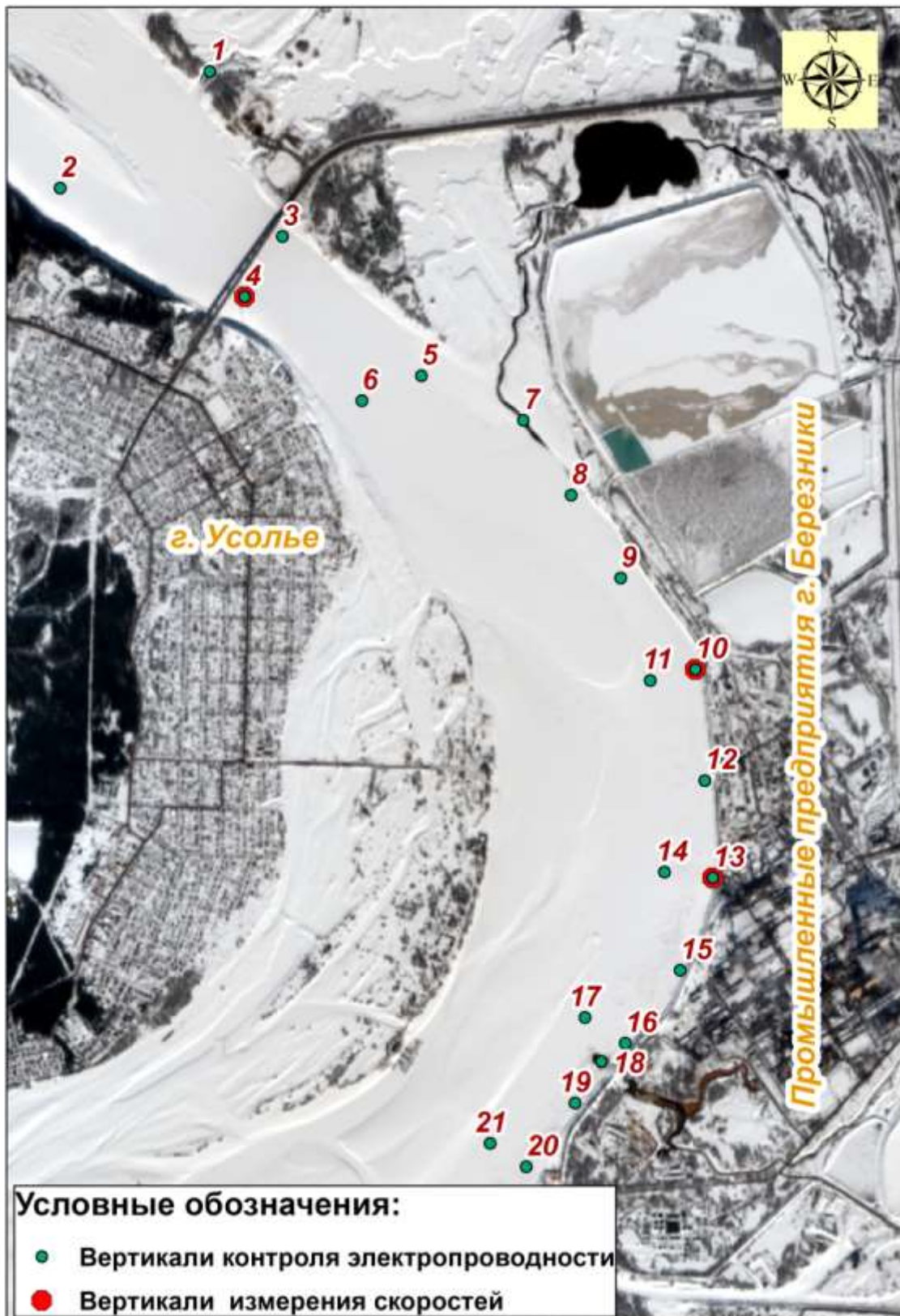


Рис. 1. Схема расположения контрольных вертикалей

Безусловный существенный интерес представляют материалы ведомственного производственного мониторинга, проводимого на АО «БСЗ» и филиалом «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники с частотой отборов до 12 раз в сутки. Необходимо отметить, что частота наблюдений на государственной сети мониторинга, выполняемого подразделениями Росгидромета, составляет один раз в месяц. Как следует из материалов рисунка 2, построенного по материалам независимых наблюдений на водозаборах АО «СОДА» и филиала «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники, качество забираемой воды по основному лимитирующему показателю – содержанию хлоридов – в зимний период характеризуется значительно меньшей изменчивостью, чем в теплый период. Так, коэффициент вариации данного показателя за период с ноября 2021 г. по март 2022 г. составляет около 37%. При этом различия качества воды, забираемой разными водозаборами, очень незначительны. В то же время в теплый период величины содержания хлоридов в забираемой воде на рассматриваемых водозаборах могут различаться до 6 раз, что достаточно наглядно видно из сопоставления кривых на графике рисунка 2а. Различия в качестве забираемой воды на данных водозаборах объясняются, в первую очередь, различием уровней водозаборных оголовков.

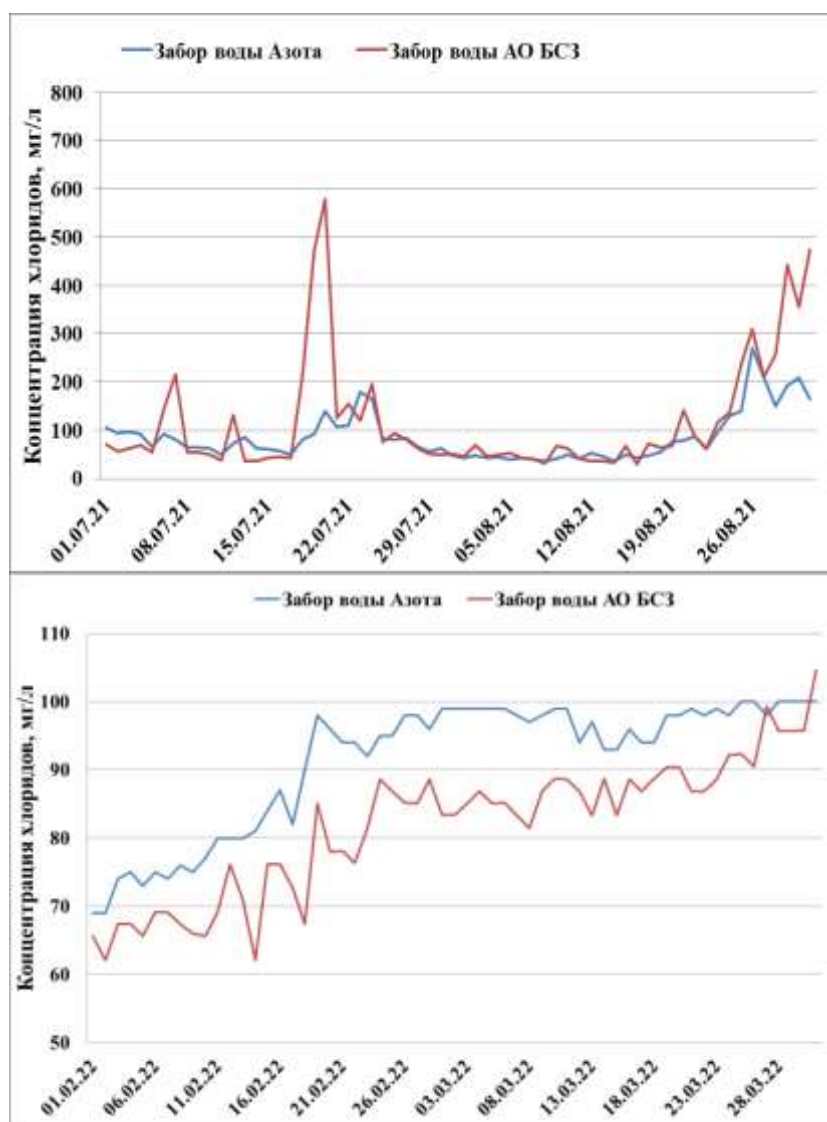


Рис. 2. Изменение концентраций хлорид-ионов в воде забираемой водозаборами предприятий в г. Березники: а – в июле-августе 2021 года; б – в феврале-марте 2022 года

При этом необходимо отметить, что современное высокотехнологичное оборудование весьма чувствительно к качеству забираемой воды. Так, используемый на рассматриваемых технических водозаборах технологический норматив по хлоридам составляет 100 мг/л при величине предельно-допустимой концентрации (ПДК) в водах водных объектов рыбохозяйственного значения 300 мг/л и санитарно-гигиенических ПДК 350 мг/л.

Проведенные исследования показали, что в зимний период на рассматриваемом участке р. Камы происходит активное вертикальное перемешивание водных масс, и в районе технических водозаборов в придонном слое не наблюдается формирования областей с повышенной плотностью, представляющих основную угрозу для устойчивости технического водоснабжения – рисунок 3.

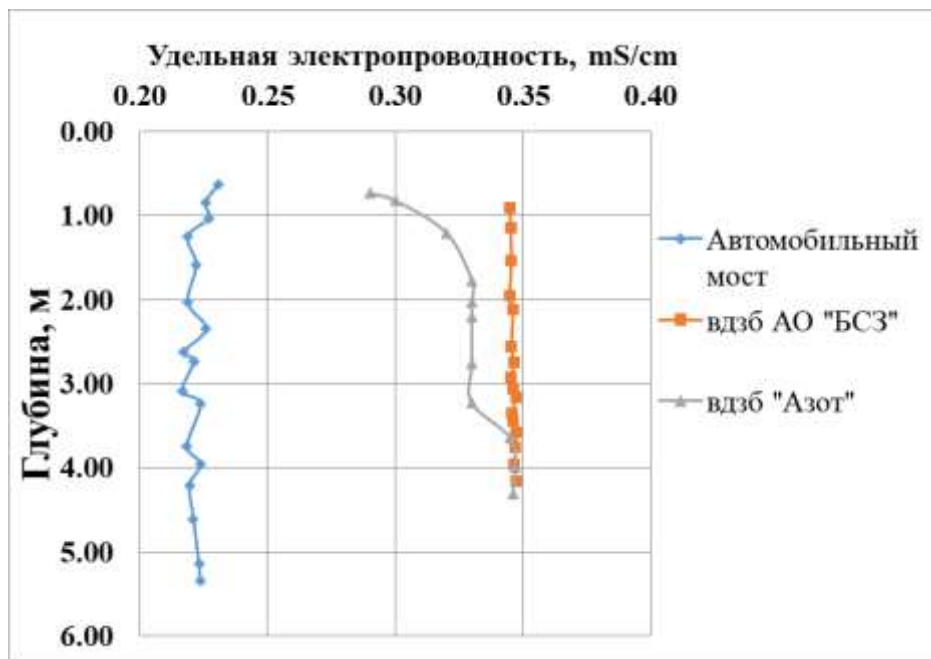


Рис. 3. Распределение удельной электропроводности по глубине на контрольных вертикалях

Вертикальная стратификация наблюдается только в устье рек Северная Ленва и Толыч, а также в районе рассеивающего водовыпуска ООО «Сток» (контрольные вертикали 18-19). Расходы воды в р. Каме во время проведения исследований составляли ~ 250 м³/с, что существенно меньше, чем в теплый период, при этом никакой угрозы устойчивости технического водоснабжения не наблюдалось. Распределения скоростей течений по глубине во время проведения полевых работ представлены на рис 4 а, б.

Причина такой нестандартной ситуации связана в первую очередь с особенностью сезонного регулирования р. Камы – Камского водохранилища. Река Кама в районе города Березники в теплый период находится в зоне подпора от Камской ГЭС с нормальным подпорным горизонтом (НПГ) – 108,5 м. Соответственно, гидравлические характеристики потока – уровень воды и скорости течения – определяются в первую очередь режимом работы данного гидроузла [6]. При относительно малых расходах сброса воды через плотину Камской ГЭС, как показывают результаты вычислительных экспериментов и материалы натурных наблюдений, скорости течений могут значительно снижаться и создавать условия для вертикальной стратификации водных масс. Данная вертикальная стратификация играет ключевую роль в нарушении устойчивости технического водоснабжения в теплый период на глубинных водозаборах.

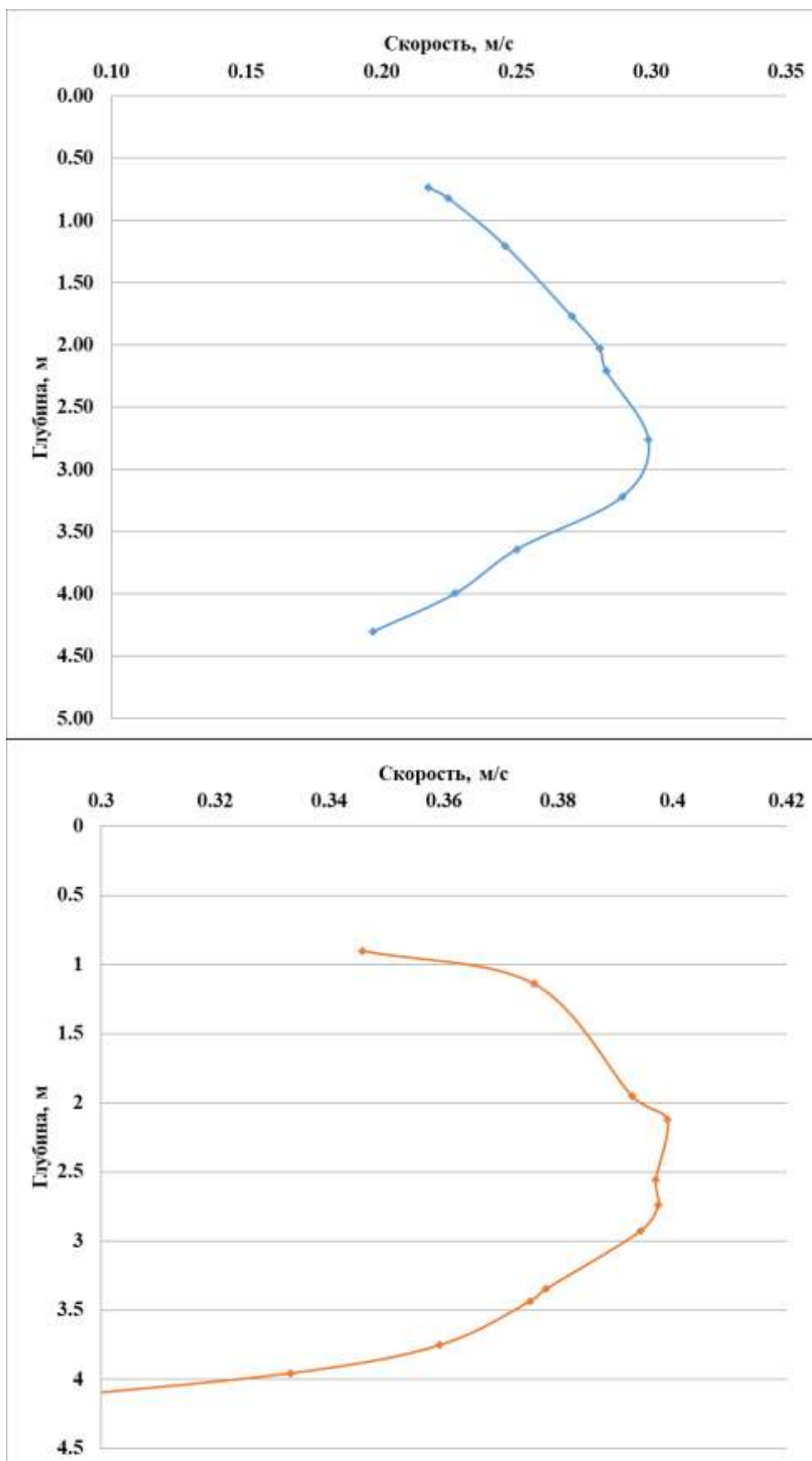


Рис. 4. Распределение скоростей по глубине потока на контрольных вертикалях: а – в районе водозабора АО «БСЗ»; б – в районе водозабора филиал «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники

Данный пример достаточно наглядно демонстрирует, что в зонах активного техногенеза традиционные подходы к регламентации техногенных воздействий достаточно часто оказываются некорректными. В рассмотренном примере необходимо учитывать не только расход воды, но и скорость течения и глубину водотока, определяющие интенсивность вертикального перемешивания водных масс.

Для описания рассматриваемых процессов используется сопряженная система гидродинамических моделей 1D- 2D- 3D в постановке [5].

Интегральным параметром, определяющим устойчивость границы раздела различных водных масс, является число Ричардсона Ri [7]:

$$Ri = \frac{g \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\rho \cdot \partial z} \right)}{\left(\frac{\partial V_x}{\partial z} \right)^2},$$

где ρ – плотность воды, кг/м^3 , g – скорость свободного падения, м/с^2 , V_x – скорость продольного течения, z – координата по глубине потока. Эта величина отражает степень устойчивости стратификации к развитию турбулентности в сдвиговом течении.

В общем случае плотность воды определяется совокупностью следующих трех факторов:

- минерализацией воды;
- температурой;
- содержанием взвешенных наносов.

Однако в рассматриваемой задаче формирования качества воды в р. Каме в районе г. Березники когда содержание наносов в потоке мало, а температура воды достаточно равномерна по глубине, определяющей является минерализация воды. При этом в области относительно небольших концентраций ($C < 10 \text{ г/л}$) эта зависимость в первом приближении может рассматриваться как линейная.

При анализе двухслойных структур, наряду с числом Ричардсона, при решении прикладных задач используется плотностное число Фруда [5,7]

$$Fr = \frac{V^2}{\frac{\Delta \rho}{\rho} * g * h},$$

где $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ – относительное различие плотностей рассматриваемых водных масс, h – характерная глубина расположения слоя раздела водных масс.

Данный показатель непосредственно связан с числом Ричардсона Ri : $Fr \sim 1/Ri$. В водном объекте формируется устойчивая плотностная стратификация [7] если плотностное число будет в качестве критического значения числа Фруда $Fr_{\text{крит}} \sim 1-1.5$ [7]. При $Fr > Fr_{\text{крит}}$ граница раздела водных масс начинает трансформироваться и разрушаться, а при $Fr < 1$ она достаточно устойчива.

Содержание макрокомпонентов, и первую очередь хлоридов, в Каме в районе оголовков рассматриваемых водозаборов определяется совокупностью двух групп факторов:

– интегральных, определяющих фоновый гидрохимический режим р. Камы в створе г. Березники;

– локальных, представленных совокупностью факторов, определяющих поступление и распределение загрязнителей в районе оголовков.

Интегральные факторы разделяются на естественные и техногенные.

Естественные факторы определяются в первую очередь почвенно-геохимическими условиями водосборной территории и определяют весьма низкое содержание хлоридов в Каме выше г. Соликамска, составляющих ~ 9.5 мг/л. Основным источником поступления хлоридов на рассматриваемом участке р. Кама является активная разработка ВКМКС предприятиями г. Соликамска. Зависимость содержания хлоридов от расходов воды в р. Каме для створа г. Березники выше города по данным многолетних наблюдений на гидрологическом посту сети Росгидромета представлена на рисунке 5. При этом она описывается степенной зависимостью $Cl(Q) = 3.8 \cdot 10^4 \cdot Q^{-\beta}$, при достаточно высоком коэффициенте корреляции $R^2 \sim 0.76$. Очень высокое значение коэффициента $\beta \sim 1.15$ является подтверждением доминирующей роли техногенных факторов в формировании хлоридного загрязнения.

Локальные факторы определяются совокупностью как диффузного загрязнения, так и гидродинамическими факторами, определяющими интенсивность вертикального перемешивания водных масс. Высокоминерализованные стоки могут поступать как непосредственно в р. Каму (Камское водохранилище), так и через ее притоки реки Северную Ленву и Толыч.

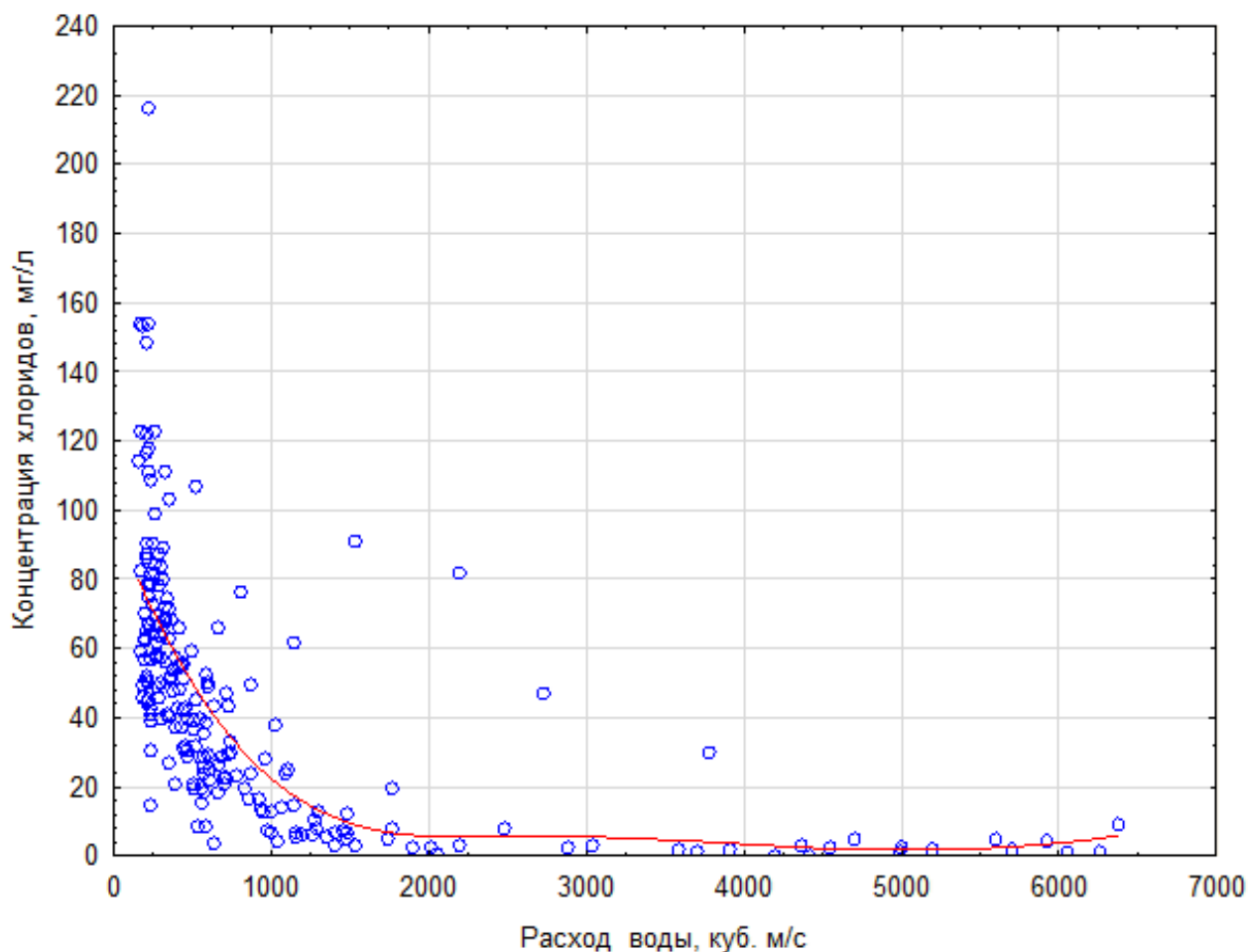


Рис. 5. Зависимость концентраций хлоридов от расходов воды в створе г. Березники

В работах [4, 8] была показана существенная роль диффузной составляющей в формировании загрязнения водных масс Камского водохранилища. Фильтрационные разгрузки высокоминерализованных рассолов при их поступлении в Камское водохранилище в зависимости от гидродинамики потока могут создавать в придонной области локальные зоны повышенной минерализации или равномерно распределяться по всему поперечному сечению потока. В этом случае увеличение минерализации воды будет составлять $C = C_{\text{фон}} + q/Q$, где q – интегральная интенсивность выноса загрязняющих веществ в р. Каму на участке автомобильного моста – выпуск сточных вод ООО «Сток» [кг/с], Q – расход воды в Каме [$\text{м}^3/\text{с}$]. Согласно целому ряду независимых оценок $q \sim 30$ кг/с [4, 5, 6].

На основе этих достаточно общих предпосылок оценим условия образования в придонной зоне повышенной минерализации воды, лимитирующей устойчивость технического водоснабжения промышленных предприятий г. Березники.

Исходные допущения

Интенсивность фильтрационной разгрузки в период летней межени постоянная и составляет $q \sim 30$ кг/с. В период зимней межени из-за значительной сработки воды в водохранилище ($\Delta H \sim 8$ м) может несколько увеличиваться. При этом характерные времена изменения уровня воды в водохранилище $T \sim 106-107$ с.

Условия формирования гидродинамического режима р. Камы (Камского водохранилища) в летний и зимний период из-за сезонности регулирования водохранилища принципиально различны. В зимний период гидрологический режим определяется в первую очередь расходами воды, фиксируемыми на ближайшем верхнем створе р. Кама – п. Тюлькино. В летний период рассматриваемый участок водохранилища находится в подпоре от Камской ГЭС, поэтому возникает второй определяющий фактор – уровень в воды с самым водохранилище в районе г. Березники. В этом случае средняя скорость течения в районе Березников в простейшем квази-стационарном приближении в пренебрежении инерционными явлениями должна определяться как

$$V(t) = H(t)_B^{2/3} / n * \left(\frac{H(t_1)_T - H(t)_B}{L_{T,B}} \right)^{1/2}$$

где $H(t)_B^{1/2}$ – текущий уровень воды в р. Каме (Камском водохранилище) в районе г. Березники ; $H(t_1)_T$ – уровень воды в р. Каме в районе п. Тюлькино с учетом времени добега; n – коэффициент Маннинга [$\frac{\text{с}}{\text{м}^{1/3}}$].

При этом $H(t)_T = F(Q(t)_T)$, $Q(t)_T$ – это расход воды в створе Кама – Тюлькино.

Устойчивость границы раздела водных масс определяется плотностным числом Фруда

$$Fr_\rho = \frac{V^2}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho} * g * \Delta H\right)}$$

где $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ – относительная разница плотности между слоями; ΔH – толщина нижнего слоя.

Критическое значение числа Фруда $Fr_{\rho\text{кр}}$ равно 1. При числе Fr , равном 1, поток находится в критическом состоянии. Если число Фруда больше 1, то поток бурный, если меньше 1 – спокойный.

Согласно экспериментальным данным, для рассматриваемого участка водохранилища $\frac{\Delta\rho}{\rho} \sim 10^{-3} \div 10^{-4}$, $V \sim 0.01-0.3$ м/с.

При формировании стратифицированного подслоя средняя скорость течения в нем составляет $\sim < 0.05$ м/с, в этом случае минерализация в нем, исходя из балансовых оценок, должна увеличиться до 1,2 г/л.

В то же время при характерной скорости течения $\sim 0,15$ м/с и характерной глубине увеличение минерализации воды должно быть менее 0,2 г/л.

В зимний период из-за очень существенной сработки уровня воды скорости течения возрастают до 0,25-0,35 м/с, при этих значениях скоростей течения плотностное число Фруда остается значительно больше критического значения и стратификация не формируется, а наблюдается увеличение минерализации воды на 0,1-0,2 г/л по сравнению с фоновым створом.

Общая зависимость расположения слоя плодоносного скачка от средней скорости течения в водохранилище (реке) представлена на рисунок 6.

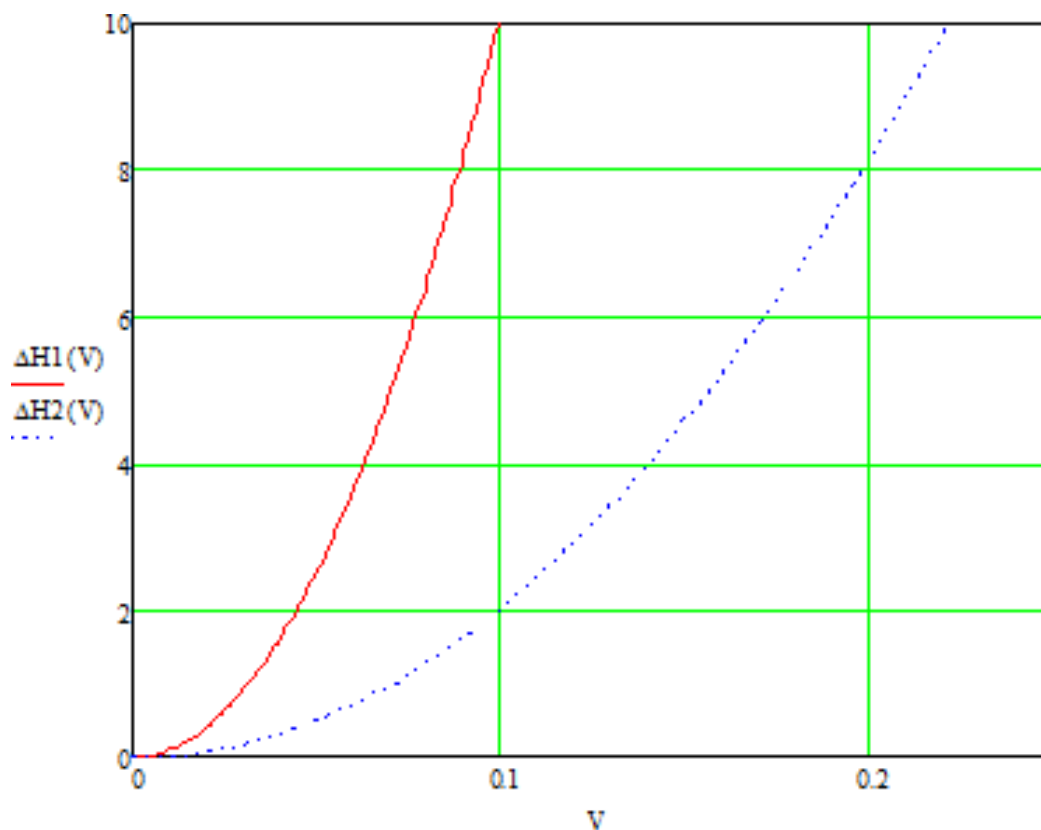


Рис. 6. Зависимость расположения слоя плотностного скачка (расстояние от дна потока) от средней скорости течения ($\Delta H1 - \frac{\Delta\rho}{\rho} = 10^{-4}$) ($\Delta H2 - \frac{\Delta\rho}{\rho} = 5 * 10^{-4}$)

Эти оценочные характеристики достаточно хорошо согласуются с фактически наблюдаемыми значениями. Так как минерализация в придонном слое в первом приближении, исходя из балансовых оценок, составляет $C = \frac{q}{V * \Delta H * B}$, учитывая (2) при $Fr \sim 1$, имеем следующую зависимость минерализации воды для придонной области – $C(V)$ от средней скорости течения V :

$$C(V) = \frac{q * \Delta\rho}{V^3 * \rho * B} * g.$$

Как следует из рисунка 7, при $V < 0.06$ м/с наблюдается резкий скачкообразный рост минерализации воды в придонной области, изменение толщины которой представлено на рисунке 6.

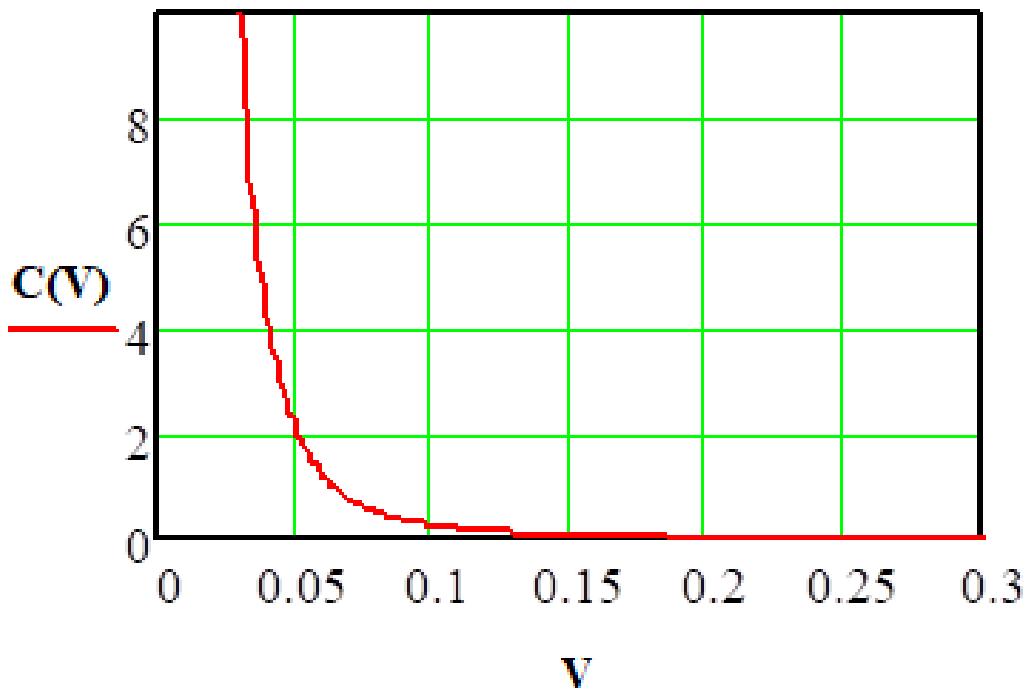


Рис. 7. Зависимость минерализации от средней скорости течения в нижнем придонном слое воды

Такое формирование стратификации должно наблюдаться в летний период при падении скорости течения до ~ 0.05 м/с, которая наблюдается при снижении расходов воды по основным притокам (р. Кама и р. Вишера) и уменьшении разницы уровня воды между г. Березники и п. Тюлькино. Данный режим наблюдается при подъеме воды в Камском водохранилище на фоне снижения расходов притоков воды.

Обсуждение полученных результатов

Данная весьма упрощенная модель позволяет достаточно объективно объяснить, почему в теплый период при поддержании уровня воды в Камском водохранилище близким к НПУ риски забора воды из глубинных водозаборов в р. Каме (Камском водохранилище) значительно выше, чем в зимний период. В теплый период из-за значительного повышения уровня воды в водохранилище и существенного снижения скоростей течения формируются условия для возникновения вертикальных стратифицированных структур, характеризующиеся плотностным числом Фруда $Fr_p < 1$. При снижении скорости течения до 0,1-0,05 м/с формируется отчетливая вертикальная стратификация водных масс с существенным превышением минерализации воды в придонной области над поверхностным слоем, этот вопрос обсуждался нами в [6]. В этих условиях на глубинных промышленных водозаборах, оголовки которых расположены на отметках ~ 2 м от дна, могут возникать существенные риски, связанные с забором воды ненормативного качества.

В зимний период вследствие значительной сработки уровня воды в водохранилище на 6-8 м р. Кама (Камское водохранилище) выходит из зоны подпора от Камского гидроузла и в районе города Березники в р. Каме формируются типич-

ные речные условия со значительно меньшими глубинами, но с более высокими значениями скоростей течений. В этих условиях плотностное число Фруда становятся существенно больше критического, наблюдается интенсивное вертикальное перемешивание водных масс, содержание макрокомпонентов становится однородным по глубине потока. В этих условиях содержание хлоридов в забираемых на водозаборах воде, в отличие от теплого периода, характеризуется очень малой изменчивостью. Эта особенность легко объяснима, зимний сток р. Камы, формируемый за счет подземного питания, характеризуется значительной равномерностью. В то же время в теплый период, когда данный участок водохранилища находится в подпоре от Камской ГЭС, его гидродинамический режим определяется как особенностью регулирования работы данного гидроузла, так и естественным гидрологическим режимом р. Камы. В этих условиях гидродинамический и гидрохимический режимы характеризуется значительно большей изменчивостью, что подтверждается мониторингом качества забираемой воды. Рассмотренная схема объясняет существенное повышение риска забора воды в теплый период на глубинных технических водозаборах. При этом использование водозаборов с оголовками, расположенными в придонном слое, объясняется значительной надежностью их работы в условиях большого хода уровней воды в водохранилище, а также необходимостью в теплый период забора воды с более низкой температурой.

Заключение

Выполненный комплекс исследований показал, что гидрологический, гидрохимический режимы р. Камы (Камского водохранилища) в районе г. Березники в теплый и зимний периоды существенно различаются. Эти факторы принципиально влияют на устойчивость работы технических водозаборов. Качество забираемой воды определяется не столько средними по глубине концентрациями лимитирующих ингредиентов, сколько вертикальной стратификацией водных масс.

В теплый период при уровнях воды, близких к НППГ, и низких скоростях течений ($V < 0.1$ м/с) при наблюдаемой интегральной интенсивности диффузного загрязнения ($q \sim 30$ кг/с), плотностное число Фруда $Fr_p < 1$, возникают условия для формирования вертикальной плотностной стратификации водных масс, создающие существенные риски для надежности функционирования технических водозаборов, осуществляющих забор воды из придонных горизонтов. В то же время в зимний период, вследствие очень существенной сработки уровня водохранилища, увеличения скоростей течений, вертикальной стратификации водных масс не наблюдается, соответственно, риски отбора воды на данных водозаборах существенно снижаются.

При регламентации техногенных воздействий на водные объекты в зонах активного техногенеза необходимо учитывать не только соблюдение нормативов ПДК для лимитирующих ингредиентов, но и требовать, чтобы не формировались условия для образования вертикальной стратификации водных масс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от «29» декабря 2020 г. (рег. номер 122012000402-4).

Результаты исследования, представленные в разделе 2 выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-77-20093, результаты исследования, представленные в разделе 3 выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта (№ 20-45-596028 р_НОЦ_Пермский край).

Авторы считают своим долгом выразить признательность за предоставление материалов ведомственного мониторинга качества забираемой воды предприятиям АО «БСЗ», филиалу «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (с изм. на 31.07.2018 г.) – Текст электронный // МЕГАНОРМ: Система нормативных документов: офиц. сайт. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293834/4293834833.htm>. (Дата обращения 25.04.2022)
2. Лепихин А.П., Мирошниченко С.А. Техногенное воздействие Соликамско-Березниковского промузла на поверхностные водные объекты // Горн. журн. – 2008. – № 10. – С. 92-96.
3. Лепихин А.П., Мирошниченко С.А. Особенности формирования техногенного воздействия в Соликамско-Березниковском промузле // Водное хозяйство России: Проблемы, технологии, управление. – 2003. – Т. 5, № 5. – С. 449-466.
4. Лепихин А.П., Возняк А.А., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамского-Березниковского промузла // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 5. – С. 560-566. – DOI: 10.31857/S0321059620050120.
5. Лепихин А.П., Веницианов Е.В., Любимова Т.П., Тиунов А.А., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Влияние вертикальной неоднородности водных масс на устойчивость промышленного водоснабжения в зонах высокой техногенной нагрузки // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2021. – № 4. – С. 53-63. – DOI: 10.17076/Lim1419.
6. Богомолов А.В., Лепихин А.П., Ляхин Ю.С., Гребенева М.Г. Особенности колебаний вертикальных структур полей минерализации в Камском водохранилище в период летней межени в районе г. Березники // Горное эхо. – 2021. – № 4 (85). – С. 3-11. – DOI: 10.7242/echo.2021.4.1.
7. Самолюбов Б.И. Плотностные течения и диффузия примесей. – М.: URSS, 2007. – 350с.: ил., табл.
8. Любимова Т.П., Лепихин А.П., Паршакова Я.Н., Циберкин К.Б. Численное моделирование инфильтрации жидких отходов из хранилища в прилегающие грунтовые воды и поверхностные водоемы // Вычислительная механика сплошных сред. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 310-318.

УДК 562:51.73

DOI:10.7242/echo.2022.1.4

ИСКОПАЕМЫЕ РАСТЕНИЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА В СОСТАВЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ КАРСТА И СПЕЛЕОЛОГИИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА УРО РАН: КОМПЛЕКТОВАНИЕ, ОПИСАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Д.В. Наумкин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье представлено описание коллекции ископаемой флоры, хранящейся в музее карста и спелеологии Горного института УрО РАН. Стратиграфически представленная коллекция охватывает карбоновую, пермскую и триасовую системы. В географическом отношении – Уральский регион, образцы собраны в Пермском крае, Свердловской, Челябинской и Оренбургской обл., в Татарстане в 1994-2021 гг. Подавляющее большинство из них имеют кунгурский возраст, половина происходит из знаменитого местонахождения ископаемой пермской биоты Чекарда-1 (Суксунский район, Пермский край). В коллекции преобладают отпечатки членистостебельных и гинкгофитов. Среди них встречаются очень привлекательные экземпляры. К сожалению, экспозиционные возможности музея ограничены, и только небольшая часть коллекции доступна для осмотра.

Ключевые слова: Урал, Пермский край, Чекарда, пермская система, кунгурский ярус, ископаемые растения, членистостебельные, гинкговые, музей карста и спелеологии.