

**С.А.Двинских, А.Б.Китаев**  
S.A. Dvinskih, A.B. Kitaev  
*Пермский государственный университет*  
*Perm State University*

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГУМИДНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ)**  
FEATURES OF FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS  
OF THE HUMID ZONE (FOR EXAMPLE PERM EDGE)

**Аннотация.** Рассмотрены особенности формирования химического состава воды водотоков и водоемов гумидной зоны на примере водных объектов Пермского края. Дана характеристика современного химического состава рек Камского и Воткинского водохранилищ.

**Abstract.** The features of formation of the chemical composition of water in reservoirs and dotokov-humid zone on the example of water bodies of the Perm region. The characteristic of the modern chemical composition of the rivers Kama and Votkinsk reservoirs.

Химический состав природных вод в настоящее время нельзя рассматривать как формирующийся только за счет чисто естественных факторов, под которыми понимаются процессы обмена химических веществ между различными природными средами. Разнообразная хозяйственная деятельность человека косвенно или явно оказывает влияние на формирование химического состава. Особенно сильно такое влияние сказывается в промышленно развитых регионах с большой концентрацией предприятий металлургической, химической и горнодобывающей промышленности. К числу таких регионов можно отнести и Пермский край.

Высокое содержание в природных водах железа, меди, марганца и цинка обусловлено сочетанием техногенного загрязнения и естественных условий формирования, которые связаны, прежде всего, с литологическим и петрографическим составом слагающих водосбор пород, а также климатическими особенностями территории.

Большое разнообразие физико-географических условий связано с меридиональной протяженностью Уральских гор и с высотной поясностью. Рельеф является косвенным фактором формирования химического состава поверхностных вод. Он оказывает влияние на условия водообмена. На возвышенностях и их склонах усиливается поверхностный сток, а в пониженных формах рельефа он замедляется, но увеличивается инфильтрация вод в почву. Для Пермского края можно выделить три яруса рельефа: верхний, средний и нижний. Нижний ярус охватывает центральную и западную части. Средний и верхний ярусы расположены восточнее линии Красновишерск - Коновалово - Кизел - Усьва - Крутой Лог. Верхний ярус соответствует крайнему востоку области. Наиболее пониженные районы края - это долина Камы и ее притоков. Большое разнообразие структур рельефа способствует наличию существенных отличий в преобладании различных режимов питания рек края.

**Климатические условия.** По климатическому районированию Пермская область относится к зоне умеренных широт. Основной чертой климата является его континентальность, выражающаяся в больших колебаниях метеорологических элементов как внутри года, так и в течение суток. В химическом составе атмосферных осадков преобладают гидрокарбонатные и сульфатные ионы. Средняя минерализация их составляет 21 мг/л. Высокое содержание тяжелых металлов отмечается в атмосферных осадках, выпадающих над крупными городами. Вместе с ливневым стоком они попадают в реки. Химический состав большей части поверхностных и подземных вод является результатом взаимодействия дождевых вод с породами близ поверхности земли и особенно в почвенной зоне.

**Почвенно-геохимические особенности территории.** Распределение типов и видов

почв на территории Пермского края имеет две особенности – зональность почв на дренированных водоразделах и широкую изменчивость в пределах одной и той же зоны в связи с различиями геологического строения, характером рельефа, условиями увлажнения и даже степенью сельскохозяйственной освоенности. Почти все аллювиальные почвы содержат повышенное количество подвижного кислорастворимого железа. В пойменных почвах северных рек области содержание подвижного железа достигает более 80 мг на 100 г почвы, в пойме р. Сивы -18 -46 мг на 100г почвы. Ожелезненность аллювиальных почв связана с заболоченностью бассейна рек, с закисными условиями в самих почвах, а так же с поступлением железа внутрпочвенно из окружающих: дерново-подзолистых почв как следствие подзолообразовательного процесса.

**Геологические факторы.** На Урале широко распространены горные породы и минералы, содержащие железо, медь, цинк. Под влиянием процессов выветривания горных пород происходит вынос металлов, определяющий в сочетании с другими факторами их высокое содержание в природных водах. Различие в литологическом составе пород правой и левой части бассейна р. Камы оказывает большое влияние на химический состав ее притоков.

**Гидрогеологические условия.** Бескислородные подземные воды часто содержат сероводород,  $Fe^{+}$  и другие элементы в восстановительной форме. В районе Предуралья практически повсеместно прослеживается зона развития сероводородных вод, которые играют роль региональных геохимических барьеров для растворов закисного железа и других металлов. При техногенных нарушениях металлы в повышенных концентрациях появляются в зонах активного водообмена. На участках резкой смены восстановительной среды на окислительную возникает окислительный барьер, который, как правило, является кислородным.

В результате взаимодействия всех перечисленных факторов и формируется химический состав природных вод, который имеет пространственно-временную изменчивость, отражаемую в гидрохимическом районировании. Г.А. Максимовичем [4], которым были выделены воды трех классов: гидрокарбонатного, сульфатного, хлоридного. Встречаются и воды смешанных классов.

**Техногенные факторы.** Основной вклад в загрязнение водных объектов вносят предприятия, осуществляющие прием хозяйственно-бытовых сточных вод (70% от общей массы загрязняющих веществ). Далее следуют предприятия химического (10%), целлюлозно-бумажного (9%) и металлургического (4%) производств. В последние годы наблюдается тенденция постоянного небольшого увеличения объемов сброса сточных вод, при этом объемы сброса загрязненных сточных вод неуклонно снижаются, а объемы сброса нормативно очищенных вод растут. Так, например, в 2007 году сброс нормативно очищенных вод увеличился до 177 млн  $m^3$  (против 171 млн  $m^3$  2006 г.). Сброс загрязненных сточных вод в 2007 году составил 278,81 млн  $m^3$ , что на 23,22 млн  $m^3$  меньше, чем в предыдущем году. Объем сточных вод, сброшенных без очистки, также снизился на 1,95 млн  $m^3$ . Эта же тенденция наблюдалась и в последующие годы. На нужды промышленности в среднем за 2003-2009 гг. было использовано 2673,33 млн  $m^3$  воды, что составляет 92% от общего объема использованной свежей воды. Доля промышленности в водоотведении составляет тоже составляет 92 % или 2503,0 млн  $m^3$ . Распределение сброса загрязняющих веществ от отраслей промышленности Пермского края показано на рис. 1.

Значительные объемы сточных вод поступают в водные объекты в Добрянском (ОАО «Пермская ГРЭС») и Александровском районах (филиал ОГК-4 «Яйвинская ГРЭС»). На первом месте по объему сбрасываемых сточных вод идет ООО «Промканал», который сбрасывает в воды Камских водохранилищ порядка 44% всего объема загрязняющих веществ. Второе место в рейтинге занимает третье рудоуправление ОАО «Сильвинит». Третье место принадлежит ООО «Новогор-Прикамье».

К территориям – лидерам по уровню суммарной антропогенной нагрузки на водную среду (по данным 2006 года) относятся города (рис.2) Березники, Пермь, Чусовой,

Соликамск, Чайковский, Губаха, Александровск, Краснокамск, Лысьва, Кунгур и муниципальные районы: Пермский, Горнозаводский, Красновишерский, Кунгурский, Октябрьский. Наиболее распространёнными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, фенолы, соединения марганца, меди, железа, аммонийный и нитритный азот, трудноокисляемые органические вещества (по ХПК).

Способствует загрязнению поверхностных вод и закарстованность территории. Активизацию карста вызывает изменение уровня режима и химического состава карстовых вод. Так, в Кизеловском каменноугольном бассейне в зоне влияния карста водопритоки в шахты достигают 2000–2500 м<sup>3</sup>/ч. При взаимодействии с серосодержащими угленосными породами гидрокарбонатные карстовые воды преобразуются в кислые сульфатные, обогащенные железом, алюминием и другими компонентами. Благодаря гидравлической связи карстовые воды поступают в поверхностные и загрязняют их.

**Современный химический состав рек.** Из правобережных притоков р. Камы самой загрязненной является р. Иньва, протекающая через центр Коми-Пермяцкого округа – г. Кудымкар. Среднегодовые концентрации, превышающие ПДК, отмечены по марганцу 10 ПДК, железу общему – 4, меди, фенолам и нефтепродуктам – 2 ПДК. Воды реки характеризуются как загрязненные и очень загрязненные.

Из левобережных притоков р. Камы менее загрязненными являются рр. Вишера, Сылва и Чусовая. Среднегодовые концентрации, превышающие ПДК, наблюдались в р. Вишере у г. Красновишерска: по марганцу – 9 ПДК, железу общему – 5 ПДК, фенола и меди до 2-х ПДК. Вода реки характеризуется как очень загрязненная. Река Сылва в районе г. Кунгур имеет содержание марганца 2-8 ПДК, железа общего до 5 ПДК, нефтепродуктов до 2 ПДК. Качество воды по индексам загрязнения оценивается как загрязненное и очень загрязненное. В р. Чусовой в районе г. Чусового концентрации, превышающие ПДК отмечались по меди – 2 ПДК, марганцу – 12 ПДК и железу общему – 4 ПДК. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов достигают 2 ПДК. Уровень загрязнения реки хромом (трансграничный перенос из Свердловской области) остаётся стабильным на протяжении нескольких лет, однако максимальные разовые концентрации хрома шестивалентного понизились с 1,5 ПДК до 0,5 ПДК. УКИЗВ составил 2,98 – 3,50, что соответствует 3 классу качества воды, разряд «б» – «очень загрязнённая».

Наиболее загрязненными реками края являются левобережные притоки р. Камы и ее притоков – рр. Косьва, Вильва, Северная Вильва и Кизел. Среднегодовые концентрации выше ПДК составили по марганцу - 16 -81 ПДК, железу общему – 54 – 149 ПДК, (225 ПДК в 2006г в реке Вильва) Основная причина загрязнения – самоизлив шахтных вод закрытых шахт Кизеловского угольного бассейна. Среднегодовой уровень других загрязняющих веществ превышал ПДК по меди в 2 и по никелю в 4 раза.– Самая загрязненная из обследованных водных объектов р.Кизел, где концентрация железа общего достигает 1380ПДК, марганца - 316ПДК. Максимальные концентрации железа в период зимней межени -2500 ПДК. Средняя концентрация никеля находится на уровне - 17 ПДК, меди и цинка - 10 и 9 ПДК, максимальные – 15 и 13 ПДК, соответственно.

**Химическая география водохранилищ.** Детальное гидрохимическое районирование водохранилища в различные сезоны года по материалам многолетних исследований выполнено Э.А. Бурматовой [1] и А.Б. Китаевым [2]. Результаты районирования приведены на рисунках 3 и 4.

**Камском водохранилище.** Исследования последнего десятилетия показали, что величина общей минерализации и главных ионов химического состава вод во всех частях водохранилищ и во все фазы водного режима находится в норме. В период зимней сработки отмечается превышение ПДК по иону аммония в 2-3 раза; общему железу в 5-7 раз, меди в 2-3 раза, марганцу в 8-10 раз, цинку, свинцу и БПК<sub>5</sub> в 1,5-2 раза, ХПК в 3 раза. В период весеннего заполнения водохранилища отмечается превышение ПДК по Fe<sub>общ.</sub> в 3-5 раз, Cu – 3-4 раза, Mn – 5-6 раз, ХПК – 2-3 раза. В летне-осенний период превышение ПДК наблюдалось по: Fe<sub>общ.</sub> в 4-6 раз, Cu – 3-4 раза, Mn – 8-10 раз, Zn – 1,5-2 раза, ХПК – 3 раза; в

приплотинной части водоема содержание растворенного кислорода составило 3,5 мг/л при норме в 6,0 мг/л [5]. По индексам загрязнения вода – загрязненная и очень загрязненная, а в районе Соликамско-Березниковского комплекса – грязная.

**Воткинское водохранилище.** В зимнюю фазу водного режима максимальные превышения отмечалось по общему железу (в 3-9 раз), меди (в 2-5 раз), по марганцу (в 12-20 раз, увеличиваясь у г.Перми до 40 раз), цинку и фенолам (в 1,5-2,0 раза), нефтепродуктам в районе г.Перми г.Краснокамска от 2 до 9 раз. В период весеннего наполнения отмечены незначительные превышения ПДК по общему железу, меди, марганцу и цинку. В летне-осенний период максимальные превышения ПДК наблюдались по Cu – в 3-5 раз, Mn – в 5-7 раз, Zn – 1,5-2,0 раза, фенолы – 1,5-2,0 раза [3] По индексам загрязнения вода в водохранилище загрязненная и очень загрязненная, а в районе г. Краснокамска – грязная.

Таким образом, Камские водохранилища во все фазы водного режима, подвержены техногенному воздействию и качество их вод далеко от предъявляемых требований, как для человека, так и для различных отраслей хозяйства края. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в районе расположения промышленных комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурматова Э.А. Химическая география Камского водохранилища. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. Пермь, 1969. – 22с.
2. Китаев А.Б. Химическая география Камских водохранилищ в современных условиях // Вопросы гидроэкологии и водной экологии Камских водохранилищ и их водосборов. Пермь, 1985. – С.20-27.
3. Комплексные исследования Воткинского водохранилища (под ред. С.А.Двинских, А.Б.Китаева). Пермь, 2007. – 250с.
4. Максимович Г.А. Химическая география вод суши. М.:Географгиз, 1955.– 328с.
5. Условия возникновения гидрологического риска на водных объектах Пермского края (под ред. С.А.Двинских, А.Б.Китаева). Пермь, 2006. Ч. II.–84с.

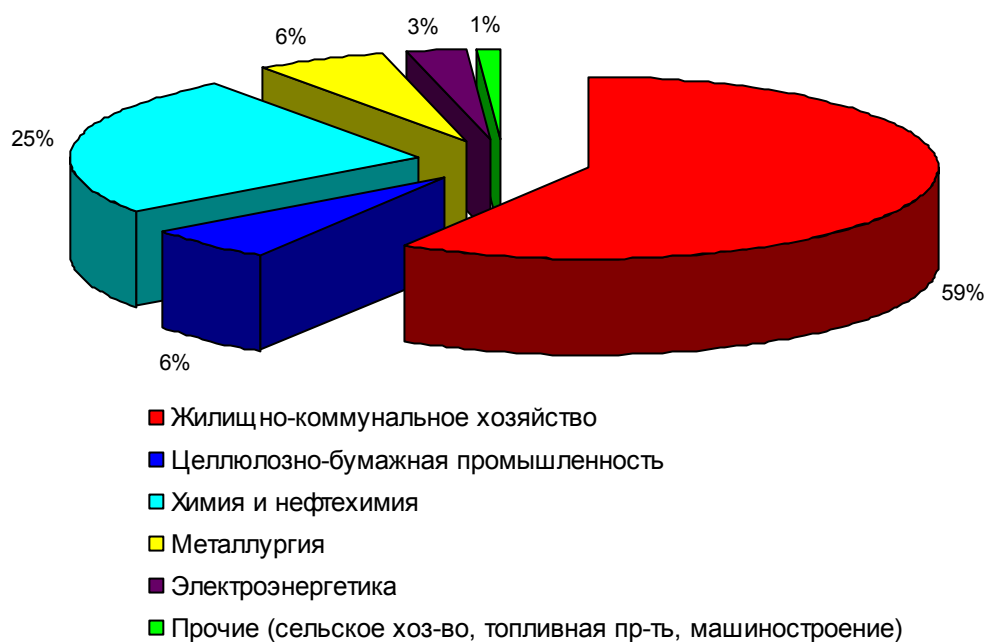


Рис.1. Доля отраслей промышленности в сбросе загрязняющих веществ в воды Камских водохранилищ на территории Пермского края.

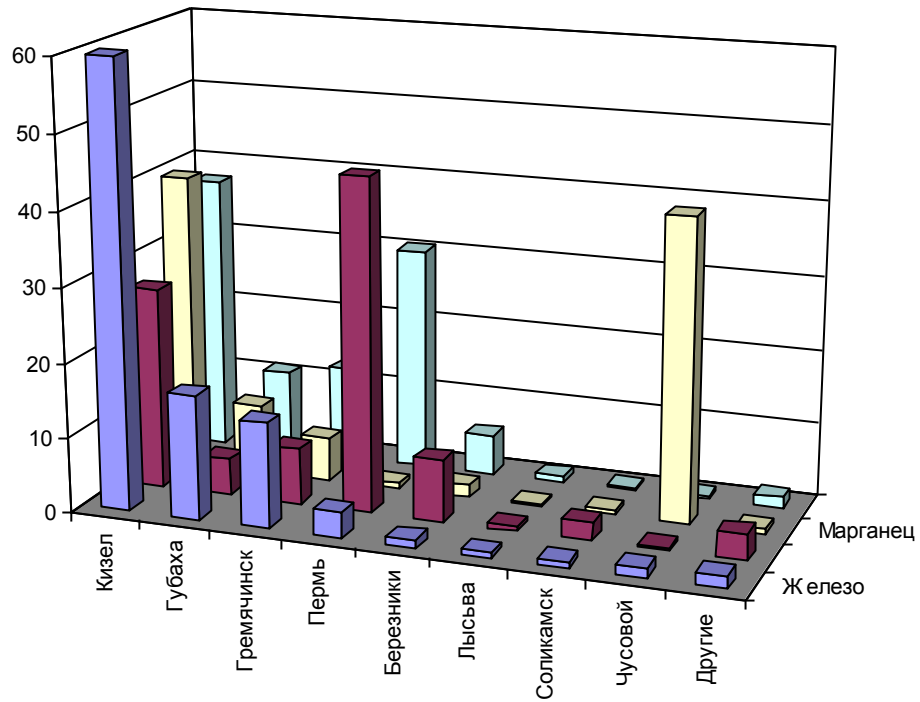


Рис.2. Вклад промышленно развитых центров по декларируемому сбросу металлов в общий сброс по территории области.

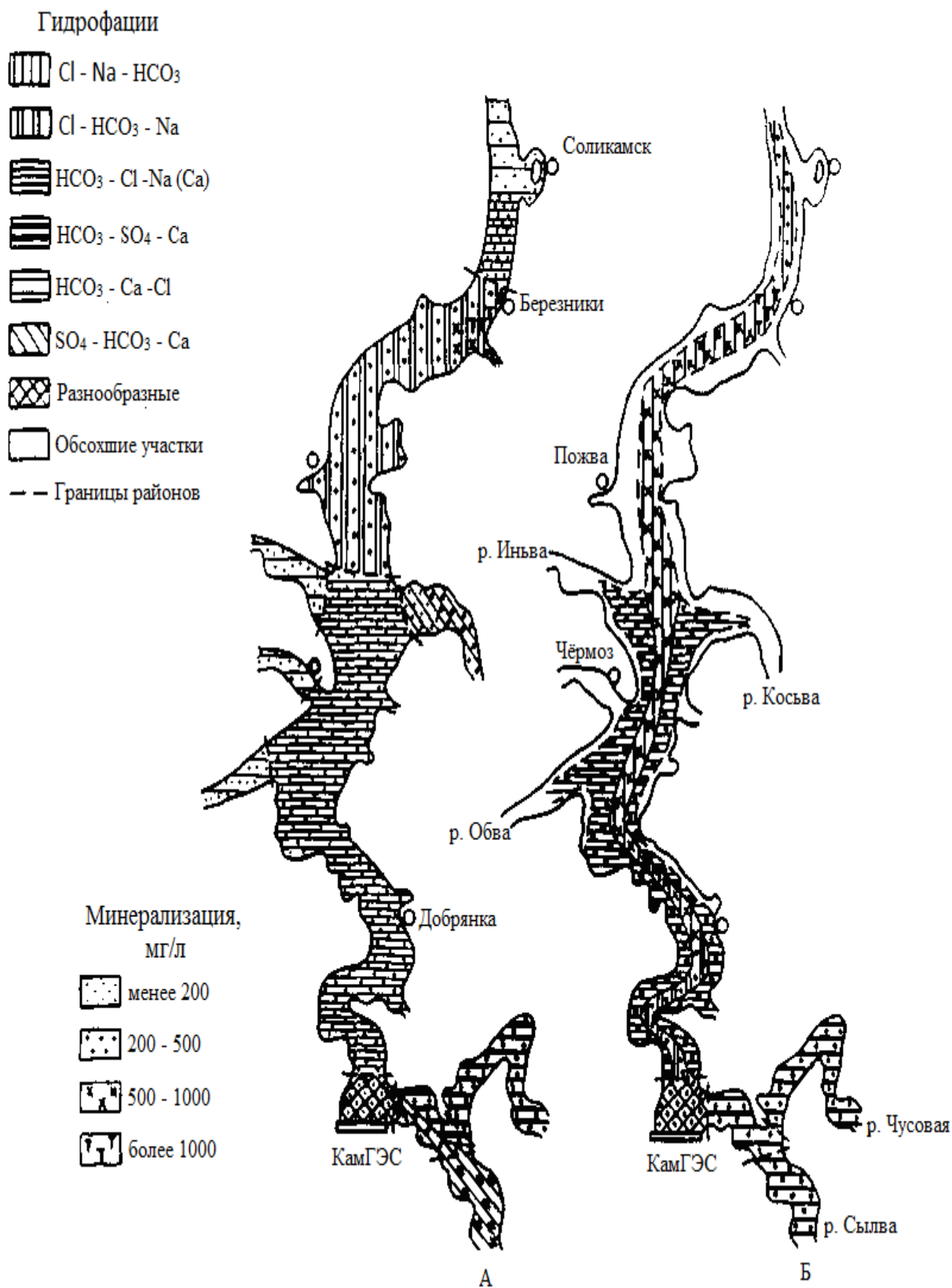


Рис.3. Схема гидрохимических районов Камского водохранилища: А – лето, Б – зима.

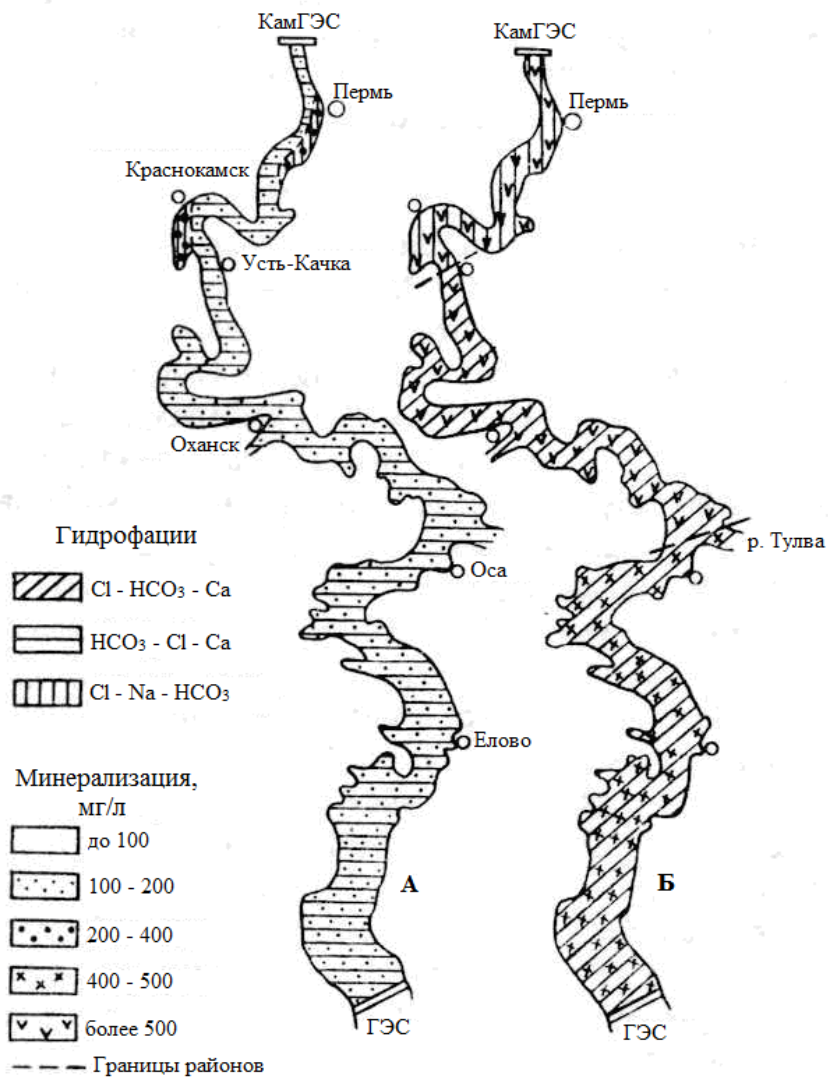


Рис.4. Схема гидрохимических районов Воткинского водохранилища: А – лето, Б – зима (по Китаеву, 1985).