

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ УРАЛ И ЕГО ПРИТОКОВ

М. Қ. Оңаев, кандидат техн. наук, доцент

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

Мақалада Орал өзені – Орал-Каспий табиғи-шаруашылық бассейнінің ең үлкен су арнасының су ағынының гидрологиялық режимінің көпжылдық ақпаратты мәліметтерінің талдауы келтірілген. Су үлгілер лабораториялық зерттеу нәтижелерінде климаттық және антропогендік факторлар әсерінен табиғи су ағындарының гидрохимиялық құрамын түсіндіретін және техногенді ластануының ерекшелігін көрсететін мәліметтер анықталды. Зерттелген су көздерінде, уақытқа тәуелді судың тұздануының, физикалық қасиеттері мен химиялық құрамының өзгеруімен қатар, көп таралған және негізгі минералды-органикалық қоспалардың құрамы да өзгереді.

В статье приведен анализ многолетних информационных данных по гидрологическому режиму стока крупнейшей водной артерии Урало-Каспийского природно-хозяйственного бассейна – реки Урал. В результате лабораторных анализов проб воды получены данные, позволяющие описать гидрохимический состав и оценить характер техногенного загрязнения природных вод, обусловленный влиянием климатических и антропогенных факторов. В исследованных водотоках, наряду с изменением минерализации, физических свойств и химического состава воды во времени, заметно изменяется и состав наиболее распространенных и преобладающих минерально-органических примесей.

The analysis of long-term details on hydrological mode of drain of the largest waterway of Ural-Caspian natural-economic pool - the Ural River is resulted in the article. As a result of laboratory analyses of water tests, the data are received, allowing to describe a chemical compound and to estimate character of man-made pollution of the natural waters, caused by influence of climatic and anthropogenous factors. In the investigated water-currents, alongside with change of mineralization, physical properties and chemical compound of water in time, also the structure of the most widespread and prevailing mineral-organic impurity appreciably changes.

Крупнейшая водная артерия Урало-Каспийского природно-хозяйственного бассейна – река Урал своей казахстанской частью бассейна охватывает Западно-Казахстанскую, Атыраускую и частью Актюбинскую области. Протяженность реки на территории Казахстана 1084 км, основными притоками являются реки Илек и Шаган.

Протекая в средней части по сравнительно широкой долине, река Урал приобретает равнинный характер. Здесь среднее наклонение на 1 км составляет 10-20 см, что значительно замедляет скорость водного потока.

Гидрологический режим реки отличается своеобразием. Особенностью водного режима является чрезвычайная неравномерность стока. Колебания годового расхода воды изменяются от 2,5 км³ в маловодные годы до 25 км³ в многоводные годы.

Сток реки Урал формируется в верхней части бассейна, в основном в пределах Российской Федерации, где наиболее развита речная водосборная сеть. Ниже г. Уральска боковая приточность отсутствует, сток реки уменьшается за счет водозабора и испарения в обширной пойме.

Среднегодовой сток реки Урал подвержен значительным многолетним и внутригодовым колебаниям. Доля весеннего паводкового стока составляет 65-75 % от годового. Большая часть объема среднегодового стока р. Урал, поступающего в Западно-Казахстанскую область, формируется за счет крупного притока – реки Сакмары.

На территории РФ сток р. Урал зарегулирован четырьмя крупными водохранилищами с суммарной емкостью более 4,3 км³ и площадью водной поверхности 380 км² – Верхнеуральским, Магнитогорским, Ириклинским и Верхнекумакским. Из них самое крупное – Ириклинское водохранилище имеет полную емкость 2,16 км³. Кроме того, в верховьях Урала, на территории РФ, построено 80 гидроузлов и 3200 самовольных земляных плотин.

Наиболее крупным водопотребителем является Урало-Кушумская оросительно-обводнительная система, охватывающая земельный массив в 2,8 млн. га, в том числе 55,6 тыс. га регулярного и 97,6 тыс. га лиманного орошения. Забор воды в Урало-Кушумскую ООС за последние три года составил в среднем около 500 млн. м³. Естественные потери стока на испарение в нижнем течении реки (Западно-Казахстанская и Атырауская области) в средние по водности годы доходит до 1,4 км³.

Зарегулированность речного стока в верхней части бассейна и значительный забор воды на различные нужды привели к снижению водных ресурсов р. Урал в среднем и нижнем течении. По многолетним данным, начиная с 1991 года, наблюдается системно-позатпное уменьшение среднегодового стока реки Урал по сравнению со средним многолетним [1].

В последние десятилетия ученые Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана всерьез озабочены экологическим состоянием водотоков Урало-Каспийского бассейна. Результаты работы по изучению гидрологического режима, гидрохимического состава и загрязненности водотоков освещены в научных отчетах и статьях [2, 3].

В ранее известных работах в качестве основных контролируемых принимаются биогенные элементы, нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, содержание бора и хрома.

К числу биогенных элементов относятся азот аммонийный, азот нитратный, азот нитритный, фосфор минеральный и кремний. К этой же категории элементов можно отнести ионы природных солей (кальций, магний, натрий, калий, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды).

Нефтепродукты относятся к наиболее распространенным и опасным веществам, загрязняющим поверхностные воды. Присутствие нефтепродуктов, особенно в концентрациях выше ПДК, сказывается на развитии высшей водной растительности и микрофитов. В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, pH, ухудшается газообмен водного объекта с атмосферой.

К фенолам относятся органические соединения ароматического ряда. В поверхностных водах присутствие фенолов связано обычно с загрязнением хозяйственными сточными водами, в которых они образуются в результате сложных биохимических реакций разложения органических веществ. Фенолы резко ухудшают общее санитарное состояние водоемов и водотоков, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа).

Для бассейна р. Урал характерно также борное загрязнение. Бор малотоксичен для рыб, но оксид бора и ортоборная кислота относятся к сильнодействующим токсичным веществам с политропным действием. Особенно ярко выражено эмбриотоксическое действие. При употреблении воды из богатых бором водоисточников возникает хроническая интоксикация.

Повышенное содержание бора в р. Урал, как и во всем бассейне Каспия объясняется геохимическими особенностями региона. Однако в речном бассейне Урала кроме природных источников содержащих бор, имеются накопители промышленных отходов, расположенные в верхней части бассейна, в долине реки Илек. По многочисленным данным местных природоохранных органов проблема загрязнения р. Илек бором возникла, когда на Актюбинском химическом заводе было задействовано борнокислотное производство.

Для характеристики загрязнения реки Урал ингредиентами, относящимися к тяжелым металлам, анализировалось содержание хрома, железа, меди, цинка, свинца, алюминия, никеля, кобальта, стронция, кадмия и марганца.

Тяжелые металлы – весьма обычные ингредиенты природных поверхностных вод, поскольку являются, прежде всего, продуктами геологического выветривания горных пород.

Особое место занимает железо, как элемент среди тяжелых металлов наиболее широко распространенный. Соединения железа активно участвуют в почвообразовательном процессе и

содержатся в почве в виде вторичных почвенных минералов – лимонита ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), гематита (Fe_2O_3), магнетита (Fe_3O_4) и гидротроилита ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Аморфный гидрогель закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и гидрогель окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ вместе с коллоидным сернистым железом $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ широко распространены в мокрых солончаках и сорах Прикаспийской низменности, а также в нижних горизонтах местных зональных почв. Однако эти гидрогели очень нестойки и, обезвоживаясь при подсыхании, переходят в почвенные минералы лимонит, магнетит, гематит, основная масса которых сосредоточена над грунтовыми водами, т.е. в зоне резкого изменения условий аэрации и окислительно-восстановительных условий. В целом, запасы железа в почвогрунтах в форме первичных и вторичных минералов огромны.

В речную сеть хлорорганические пестициды поступают в основном с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий, из мест консерваций пестицидов, а также с коллекторно-дренажными водами орошаемых территорий.

Все хлорорганические пестициды обладают высокими адгезионными свойствами по отношению к частицам почвогрунтов, способностью образования комплексов с органическими веществами (растворенным в воде гумусом), характеризуются стойкостью к деструкции и способны мигрировать в реках на большие расстояния. Поэтому территорией, участвующей в загрязнении реки Урал, является весь бассейн, в том числе и российская его часть.

Следует предположить, что являясь трансграничной, р. Урал загрязняется промышленными стоками объектов нефтехимической отрасли, расположенных на водосборной площади бассейна: Орский нефтеперерабатывающий завод, Южно-Уральский никелькомбинат, Орско-Халиловский металлургический комбинат, Оренбургский нефтеперерабатывающий завод и др.

К этому ряду нужно отнести Актюбинский завод хромовых соединений и другие промышленные предприятия, сбрасывающие промышленные стоки, содержащие различные загрязняющие соединения.

В рамках выполнения фундаментальных исследований по республиканским программам в 2009-2010 годах выполнены работы по оценке развития гидроэкологической ситуации в Урало-Каспийском природно-хозяйственном бассейне. Ниже приводятся результаты гидрохимического анализа вод за 2010 год и оценка загрязненности реки Урал и его притоков.

Гидрохимическое опробование указанных водотоков было произведено в период паводка: на реке Шаган – 13 апреля, на реках Урал и Илек – 22-25 апреля. Отбор воды на анализ в летнюю и осеннюю межени производился в июле и октябре месяцев соответственно.

Контрольными точками для отбора проб воды являлись:

- ✓ на реке Урал – п.п. Жарсуат, Январцево, Кушум, Индер;
- ✓ на реке Илек – п. Шынгырлау;
- ✓ на реке Шаган – п. Каменный.

Химические анализы проб воды осуществлялись в химико-аналитических лабораториях ТОО «Жайыкгидрогеология», ТОО «Аспан» и лаборатории «Нефтехимии и экологии» ЗКАТУ им. Жангир хана.

Анализ воды производился химическими и физико-химическими (атомно-адсорбционным) методами, согласно принятым методико-нормативным документам.

Анализ результатов гидрохимического опробования вод реки Урал и малых водотоков Урало-Каспийского бассейна позволяет отметить некоторые особенности их физико-химического состава и характера антропогенного загрязнения.

По данным лабораторных определений, минерализация паводковой воды в р. Урал составила 0,3-0,4 г/л, общая жесткость 3,2-4,8 мг-экв/л, рН 7,9-8,0. Несмотря на малую минерализацию и стабильные физические показатели, химический состав воды по течению реки, на протяжении 761 км, претерпевает существенные изменения.

В казахстанскую часть Урало-Каспийского бассейна поступает по р. Урал, ниже устья р. Илек (п. Жарсуат), смешанная по составу гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная кальциево-магниевая вода. Ниже по течению, на удалении 180 км (п. Январцево), ее состав изменяется на гидрокарбонатно-сульфатный магниевый-кальциевый. Далее по течению, ниже устья р. Шаган (п. Кушум), паводковая вода практически сохраняет свой состав, являясь гидрокарбонатно-

сульфатной кальциево-магниевой. И только у границы с Атырауской областью (п. Индер) состав воды становится гидрокарбонатным кальциево-натриевым.

На химический состав воды в реке Урал значительное влияние оказывают его крупные притоки Илек и Шаган. По реке Илек поступает несколько более минерализованная (до 0,6 г/дм³) и более жесткая (6,2 мг-экв/л) вода аномального хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриево-магниевого состава. Под ее влиянием в воде р. Урал повышается содержание хлорид-иона, которое вскоре устраняется (п. Январцево), как несвойственное снеговым водам, образующим паводковый сток. По реке Шаган в р. Урал поступает вода гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого состава, близкая к составу снеговых вод.

В составе минеральных загрязнений в паводковых водах присутствуют в повышенных концентрациях фтор (1-1,7 ПДК) и бор (до 2,0-3,4 ПДК), в высоких концентрациях железо общее (до 5,7 ПДК) и кадмий (до 5,6 ПДК). При повышенном и высоком содержании указанных микрокомпонентов в водах часто присутствуют микроэлементы тяжелых металлов (2-го класса опасности) – цинк, свинец, хром, марганец, алюминий, никель, стронций, но в концентрациях ниже предельно-допустимых. Из органических примесей часто встречаются нитраты, нитриты, аммоний, нефтепродукты и метанол, но в концентрациях также ниже предельно допустимых.

Относительно малую минерализованность паводковых вод и сравнительно незначительное содержание в них большей части вредных органоминеральных примесей можно объяснить многоснежной зимой, более значительной высотой паводка (на р. Урал в 2010 г. высота паводка составила 499 см, против 407 см – в 2009 г.), а также более продолжительным временем снеготаяния – до 12-20 суток.

При низком положении паводкового уровня 2009 года (407 см) отмечался более широкий спектр и высокие концентрации органоминеральных загрязнений, в том числе аммония (1,3-3,1 ПДК), железа (Fe_{общ}) – 8-10 ПДК, никеля (1,2-2,2 ПДК), брома (5-15 ПДК) и кадмия (2-6 ПДК) [4].

Совершенно иными по ингредиентному составу и характеру загрязнения оказываются воды исследуемых водотоков в период летней межени (июль). Минерализация воды в реке Урал повышается до 770-849 мг/дм³, общая жесткость 5,40-5,80 мг-экв/л, водородный показатель воды pH – 6,62-7,90, окисляемость перманганатная изменяется от 3,52 мг/дм³ в верхней части реки (п. Жарсуат) до 5,20 мг/дм³ в нижней части. По химическому анионному составу вода на всем протяжении реки хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатная.

Катионный состав, в большей степени зависящий от характера слагающих русло пород, в большей части натриево-магниевый и только в среднем течении (пос. Январцево) становится натриево-кальциевым.

В левостороннем притоке Урала реке Илек вода имеет минерализацию 1280 мг/дм³, общую жесткость 4,50 мг-экв/л, pH 7,26 и перманганатную окисляемость 4,88 мг/дм³. Химический состав воды хлоридный натриевый.

В правостороннем притоке Урала реке Шаган минерализация воды повышается в летнюю межень до 1009 мг/дм³ при общей жесткости 7,60 мг-экв/л и pH – 6,74. Перманганатная окисляемость – 5,00 мг/дм³. По химическому составу вода гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная натриево-кальциевая.

При отмеченном изменении физических свойств и состава основных типобразующих компонентов, летне-меженная вода отличается более узким спектром и несколько пониженным содержанием минерально-органических примесей. При этом в воде не обнаруживаются столь характерные для паводковых вод органические компоненты – аммоний, нитраты, нитриты, а из галогенных компонентов – йод и бром. Из присутствующих микрокомпонентов тяжелых и редких металлов большая часть их встречается в концентрациях ниже допустимой.

Тем не менее, в повышенных концентрациях (для питьевых вод) в водах р. Урал обнаружено высокое загрязнение водотока нефтепродуктами (до 2 ПДК). В воде р. Илек отличается меньшей загрязненностью, хотя здесь присутствуют свинец и алюминий. В реке Шаган в незначительном количестве, но присутствуют бор, свинец и токсичный элемент кадмий (в пределах ПДК). Что же касается требований рыбохозяйственных водоемов, то рассматриваемые водотоки также не отвечают кондициям в основном по высокому содержанию железа, цинка и главным образом кадмия (от 4 до 15 ПДК). В отдельных пунктах

отмечено повышенное содержание свинца – близкое к значению ПДК (р. Урал, п. Жаксуат, реки Илек и Шаган).

Результаты гидрохимического опробования исследуемых водотоков в осеннюю межень (октябрь) позволяют отметить следующие характерные особенности. В главном водотоке бассейна – реке Урал минерализация и общая жесткость воды изменяются незначительно и составляют соответственно 860 – 941 мг/дм³ и 6,45 – 6,50 мг-экв/л. Однако вода становится слабощелочной (рН 8,08–8,20) с пониженной перманганатной окисляемостью – 1,52 – 3,58 мг/дм³. Химический состав воды в верхней части реки, от устья р. Илек до гидропоста «Январцево», хлоридно–гидрокарбонатный натриево–кальциевый, а ниже по всему течению становится хлоридно–гидрокарбонатно–сульфатным натриево–кальциевым. При этом отмеченная слабая щелочность воды приводит к появлению в ее химическом составе карбонат–иона (CO₃²⁻) в количестве 12 мг/дм³.

В левобережном притоке Урала реке Илек вода в осеннюю межень становится слабосолоноватой (1673 мг/дм³), слабожесткой (7,55 мг-экв/л) и слабощелочной (рН 8,02) с перманганатной окисляемостью 3,76 мг/дм³. По химическому составу она преобразуется в хлоридную натриевую с незначительным содержанием анионов HCO₃⁻ и CO₃²⁻ (соответственно до 15 и 2 % экв.).

В отличие от р. Илек, в правом притоке Урала реке Шаган вода становится весьма слабосолоноватой (1094 мг/дм³) с общей жесткостью 8,35 мг-экв/л, рН – 8,01 и перманганатной окисляемостью 3,28 мг/дм³. Химический состав воды хлоридно–гидрокарбонатный натриево–кальциевый. Поскольку вода в реке Шаган продолжает оставаться слабосолоноватой до глубокой осени, вышеотмеченное повышение ее минерализации и изменение физико-химического состава и свойств в летнюю межень можно объяснить, очевидно, поступлением сточных вод с многочисленных участков и площадей орошения, расположенных вдоль обеих берегов на всем протяжении реки.

По результатам изучения микрокомпонентного состава осенне-меженная вода отличается меньшей органоминеральной загрязненностью, даже в сравнении с летне-меженной.

Наиболее распространенными минеральными примесями в ней являются бор (до 0,25-0,45 мг/л). На отдельных участках р. Урал отмечено повышенное содержание алюминия и свинца, повсеместно наблюдается значительное превышение ПДК для рыбохозяйственных целей кадмия.

Таким образом, в исследованных водотоках, наряду с изменением минерализации, физических свойств и химического состава воды во времени, заметно изменяется и состав наиболее распространенных и преобладающих минерально-органических примесей. В целом же спектр распространения преобладающих органоминеральных веществ снижается от паводкового стока к водам глубокой осенней межени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курмангалиев, Р. М. Гидроэкологические проблемы трансграничных водотоков Урало-Каспийского бассейна и пути их решения / Р. М. Курмангалиев, М. К. Онаев. // Материалы Междунар. научно- практич. конференция «Проблема воспроизводства осетровых в среднем течении реки Урал и пути ее решения» – Зап. Каз. аграрно-технич. ун-т им. Жангир хана. – Уральск, 14-15 июля 2009 г. – С. 11-16.
2. Курмангалиев, Р. К. Определение трансграничных загрязнений ЗКО с сопредельных территорий, в том числе военных полигонов и нефтегазовых месторождений (Отчет НИР за 2001 год) / Р. К. Курмангалиев, Б. К. Слуцкий, Е. Б. Байшыган и др. – Уральск : ТОО «Эксперимент». – 2001.
3. Курмангалиев, Р. М. Гидрологический режим реки Урал и его экологические проблемы / Р. М. Курмангалиев, М. Х. Онаев, Е. Б. Байшыган // Ғылым және білім. – Уральск, 2006. – №1. – С. 92-97.
4. Курмангалиев, Р. М. Оценка гидроэкологической ситуации в бассейне реки Урал и ее влияние на формирование биоресурсов / Р. М. Курмангалиев, М. К. Онаев, С. М. Жумин // Ғылым және білім. – Уральск, 2009. – №3. – С. 135-140.