

УДК 556.164.048

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАСЕЙНА Р. УРАЛ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

Доктор геогр. наук

К.В. Цыценко

Т.И. Владимирова

В статье обсуждаются результаты оценки ресурсов поверхностных вод бассейна р. Урал, трансграничного водотока между Россией и Республикой Казахстан. В среднем за 1936...2007 гг. их объем составил 10,2 км³/год. За период глобального изменения климата водные ресурсы исследуемого водосбора увеличились примерно на 10 %. Из анализа многолетних колебаний годового стока рек следует, что линейные тренды указанных характеристик статистически незначимы.

Река Урал по площади водосбора и своей длине принадлежит к числу крупнейших рек Европейской части России. Длина реки оценивается в 2428 км, а площадь ее бассейна до вершины дельты у г Атырау (Гурьев) составляет 236000 км².

Свое начало река берет на восточном склоне хребта Уралтау и проходит по древней долине на юг вдоль восточных склонов Уральских гор, а южнее, протекая по Прикаспийской низменности, впадает в Каспийское море. Верхняя часть водосбора характеризуется хорошо развитой гидрографической сетью. Самым крупным правобережным притоком в этой области бассейна является р. Сакмара. Годовой объем ее стока превышает водность р. Урал до слияния с ней.

В среднем течении в рассматриваемый водоток впадает ряд рек: Илек, Утва, Кинделя, Чаган и др. Здесь следует отметить наиболее крупный левобережный приток – Илек с площадью водосбора, равной 41300 км². В низовьях Урала на правобережье реки отходит рукав Кушум, питающий Урало-Кушумскую оросительно-обводнительную систему.

Река Урал относится к категории трансграничного водотока, проходящего через территорию двух государств: России и Казахстана. Водосборная часть всего бассейна заканчивается на территории Казахстана у с. Кушум. Ее площадь составляет 190000 км². Ниже указанного пункта происходят потери речных вод на испарение и фильтрацию [7]. Водосборная площадь бассейна р. Урал в пределах России примерно равна

130000 км². Из этой величины 119000 км² замыкаются пограничным створом на самой р. Урал у с. Илек, остальные 11000 км² состоят из части бассейна р. Илек и небольших притоков на правобережном склоне долины р. Урал в пределах России: реки Кинделя, Чаган, Рубежка, Ембулатовка.

Казахская площадь водосбора в бассейне р. Урал составляет около 60000 км². Она состоит из площадей бассейнов рек Утва и Барбастау и части водосборов рек Илек, Чаган, Рубежка и Ембулатовка, расположенных на территории Республики Казахстан.

Оценка водных ресурсов

В предлагаемой работе под водными ресурсами подразумевается средний годовой сток рек. Количественные оценки последнего осуществлялись за 1936...2007 гг. Это позволило получить не только среднюю многолетнюю величину водных ресурсов, но и их погодичные значения, которые использовались при анализе динамики водных ресурсов в связи с происходящими изменениями климата. Такие расчеты производились для условий стационарного климата (1936...1977 гг.) и периода его интенсивного изменения (1978...2007 гг.) [1]. Оценки годовых объемов водных ресурсов осуществлялись по данным наблюдений на гидрологических постах. Действующая сеть последних за принятый в расчет период испытывала значительные изменения: от 11 пунктов в 1930 г. до 95 – в 1985 г. В последующие годы произошло сокращение наблюдательной сети и с 2000 г. по настоящее время на Российской территории бассейна действует 44 гидрологических поста.

Область формирования стока исследуемого бассейна располагается в основном в горах Южного Урала и на равнинном участке между городами Оренбург и Уральск. Водосборная область бассейна р. Урал замыкается у с. Кушум, расположенного ниже впадения последнего левобережного притока р. Барбастау. Однако, в 2 км выше с. Кушум, вправо от русла главной реки отходит рукав Кушум, который отводит часть паводковых вод. Поэтому при оценке ресурсов поверхностных вод рассматриваемого бассейна необходимо учитывать суммарный сток, состоящий из водности р. Урал, измеренной у с. Кушум и части поверхностных вод этой реки, отведенных в рукав Кушум.

Расчеты водных ресурсов бассейна р. Урал производились неоднократно [1, 2, 7-9]. Их величины оценивались в 9,5...12 км³/год. В предлагаемой работе искомые характеристики определялись двумя способами. Первый из них заключался в оценке годовых величин стока р. Урал у с. Кушум

и оттока речных вод в рукав Кушум. В среднем за период 1936...2007 гг. ресурсы поверхностных вод Урала оцениваются в $10,2 \text{ км}^3/\text{год}$, в том числе на сток этой реки, измеренного у с. Кушум приходится 95 % их суммарного объема и только около 5 % отводится в рукав Кушум.

При расчете ресурсов поверхностных вод вторым способом учитывался сток р. Урал у г. Оренбурга и водность всех его притоков, впадающих в реку ниже указанного створа. Для восстановления полного ряда наблюдений по постам в разных речных бассейнах, при наличии различного объема исходной информации, был использован метод множественной линейной регрессии в соответствии с рекомендациями нормативных документов [5, 6] и программного обеспечения HydroStatCalc-2009, разработанного в ГГИ [6] (автор Кокорев А.В., методология Рождественского А.В. и Лобановой А.Г.). На основе полученных рядов годового стока рек был выполнен соответствующий анализ, из которого следует, что водность принятых в расчет водотоков имеет гидрологический режим близкий к естественному. Рассчитанная таким образом величина водных ресурсов бассейна р. Урал оказалась равной $10,1 \text{ км}^3/\text{год}$, что согласуется с аналогичным значением, полученным первым способом. Прогнозные оценки изменения водных ресурсов, выполненные с учетом внутренней структуры прогнозируемого ряда по стоку р. Урал, не исключают возможность их небольшого снижения к 2015 г. примерно на 5 % [1].

По приближенным оценкам на территории России формируется порядка $8,5 \text{ км}^3/\text{год}$, что составляет 83 % от водных ресурсов рассматриваемого водосбора, а в пределах Республики Казахстан – $1,6 \text{ км}^3/\text{год}$. Основная часть водных ресурсов бассейна поступает в Казахстан по руслу Урала. К сожалению, пункт на границе у с. Илек является только уровнем постом и поэтому как в прошлом, так и в настоящее время все оценки стока р. Урал в этом створе производятся только расчетным путем. Учитывая новые политические и экономические условия, возникшие между Россией и Республикой Казахстан, необходимо предусмотреть на этом посту измерения расходов воды.

Для Урала, до второй половины 1960-х годов, была характерна значительная изменчивость в колебаниях годовых величин водных ресурсов от $25,6$ (1946 г.) до $2,92 \text{ км}^3$ (1967 г.). За период глобального изменения климата (1978...2007 гг.) водные ресурсы исследуемого бассейна увеличились до $10,8 \text{ км}^3/\text{год}$ или на 10 % по сравнению с их значением в условиях стационарного климата (1936...1977 гг.) – $9,74 \text{ км}^3/\text{год}$. При этом

сток по р. Сакмара за указанный период увеличился на 25 %, а водность р. Урал у г. Оренбурга возросла на 13 %.

Увеличение водных ресурсов бассейна р. Урал за 1978...2007 гг. было обусловлено здесь заметным ростом температуры воздуха и осадков, в основном за холодный период года. Особенно наглядно это прослеживается на примере самого многоводного притока – р. Сакмара у с. Каргала, где зимний сток за указанный промежуток времени увеличился почти на 60, а осенний – на 40 %. Одновременно отмечается также рост водности этой реки весной и летом соответственно на 20 и 25 %.

Для анализа многолетней изменчивости ресурсов поверхностных вод бассейна р. Урал были построены хронологические графики их величин за 1939...2007 гг. для двух створов – г. Оренбург и с. Кушум (рис. 1).

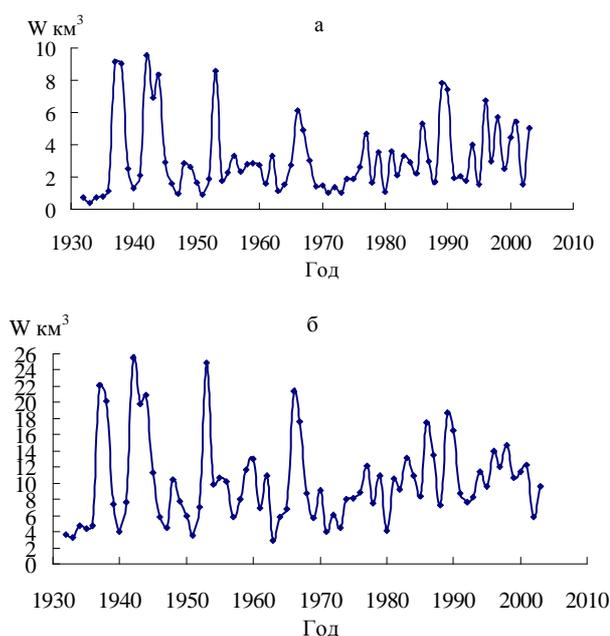


Рис. 1. Динамика стока в бассейне р. Урал. а) р. Урал – г. Оренбург, б) р. Урал – с. Кушум.

Изменения стока в упомянутых створах происходят достаточно синхронно. Вместе с тем отмечается уменьшение амплитуды колебаний водности р. Урал у с. Кушум по сравнению с аналогичной характеристикой у г. Оренбург. Возможно это связано с введением в эксплуатацию Ириклинского водохранилища многолетнего регулирования, заполнение которого было начато в 1958 г. и завершено в 1966 г. Полный объем водохранилища при проектном уровне 245 м составляет 3,26 км³ Многолетнее

регулирование стока обеспечивалось с гарантированной отдачей 0,48 км³/год или 15,1 м³/с. Колебания водных ресурсов за отдельные периоды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение водных ресурсов в бассейне р. Урал

Период	W , км ³ /год	C _v
1936....2007	10,2	0,53
1936....1977	9,74	0,66
1978...2007	10,8	0,31

Обращает на себя внимание резкое уменьшение значений C_v: от 0,66 до 0,31, что несомненно связано с влиянием многолетнего регулирования стока Ириклинским водохранилищем, эффект воздействия которого по времени во многом совпал с глобальными изменениями климата. Если изменчивость стока р. Урал у г. Оренбурга до 1978 г. оценивалась величиной C_v равной 0,86, то в настоящее время ее значение уменьшилось до 0,54. Вместе с тем на р. Сакмаре также прослеживается отчетливая тенденция к уменьшению C_v годового стока от 0,53 до 0,30, но здесь, однако, отсутствуют сколько-нибудь значимые регулирующие емкости.

Из приведенных выше данных следует, что в условиях глобального изменения климата в бассейне р. Урал произошли не только изменение годовых величин стока рек, но и прослеживаются крупные преобразования в его внутригодовом перераспределении. Установленное выше увеличение водности в осенне-зимний период заметно снизило и изменчивость годовых значений последнего, как это произошло на примере р. Сакмара. Таким образом, можно сделать вывод, что уменьшение величин C_v годовых значений водных ресурсов в исследуемом водосборе за 1978...2007 гг. явилось следствием двух факторов – антропогенного (многолетнее регулирование стока р. Урал) и естественного (повышение температуры воздуха и осадков).

Одновременно для бассейна р. Урал была произведена оценка значимости линейных трендов за различные периоды. На рис. 2 представлены линейные тренды колебаний водных ресурсов, а в табл. 2 помещены результаты расчетов последних.

Статистически значимые линейные тренды в ходе многолетних колебаний водных ресурсов указывают на то, что имеет место неоднородность во времени или закономерно изменяется во времени среднее значение

ние. В бассейне р. Урал линейные тренды за весь период (1936...2007гг.) и за 1936...1977гг. и 1978...2007гг. – не значимы.

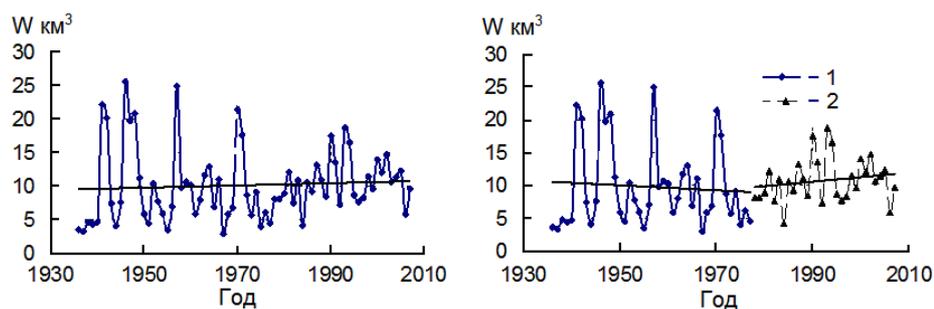


Рис. 2. Тенденции динамики водных ресурсов в бассейне р. Урал за 1936...2007 гг. 1 – 1936...1977 гг., 2 – 1978...2007 гг.

Таблица 2

Оценка значимости линейных трендов водных ресурсов в бассейне р. Урал

Период	R^2	R	δ_R	$2\delta_R$	$3\delta_R$	Значимость $R > 2\delta_R$
1936...2007	0,0047	0,069	0,118	0,236	0,354	-
1936...1977	0,0053	0,073	0,155	0,310	0,465	-
1978...2007	0,0323	0,180	0,180	0,360	0,540	-

Использование водных ресурсов

Не весь сток, сформировавшийся на территории России, поступает в пределы Казахстана. Часть его аккумулируется в многочисленных водохранилищах (11) и прудах с суммарным полным объемом в 4,1, в том числе полезным – 3,5 км³ [4]. Регулирование стока р. Урал и его притоков осуществляется для выравнивания сезонных и годовых колебаний стока с целью бесперебойного водообеспечения промышленности и коммунального хозяйства крупных городов Урала: Магнитогорска, Орска, Оренбурга и др.

Самыми крупными водохранилищами являются Ириклинское, Верхнеуральское и Магнитогорское. Строительство Ириклинского водохранилища на р. Урал с полным объемом 3,3 и полезным – 2,8 км³ существенно изменило режим уровней р. Урал от створа плотины до г. Оренбурга. Объем весеннего половодья в среднем течении реки снизился примерно на одну четверть. Произошли также изменения и в наступлении сроков половодья, ледостава и т.п. Так, на посту у с. Уральск, в 7 км ниже водохранилища, волна весеннего половодья стала почти незаметной. Зарегулирование реки резко уменьшило амплитуду колебаний уровней воды. До

1958 г. высота половодья на участке Ирикля – Орск достигала 5...8 м при средней ее величине 2...3 м, в современных условиях его значения колеблются в диапазоне от 0,5 до 1,5 м [4], после впадения р. Сакмары влияние Ириклинского водохранилища на внутригодовое распределение стока р. Урал становится малозаметным.

Создание водохранилищ, и в первую очередь Ириклинского гидроузла, позволило несколько сгладить отрицательные последствия уменьшения стока в меженный период. Воздействие Ириклинского водохранилища на объем весеннего половодья не очень ощутимо, но в летнюю и зимнюю межени попуски воды из водохранилища значительно повышают уровень воды в реке.

Если в 1965 г. водозабор в российской части бассейна р. Урал по данным Минводхоза РСФСР оценивался в $1,95 \text{ км}^3$ [3], то уже в 1990 г. он увеличился до $3,74 \text{ км}^3$ или 88 % от суммарного водопотребления на всем водосборе. Под влиянием хозяйственной деятельности безвозвратные потери стока в рассматриваемом бассейне к середине 1970-х годов достигли $1,5...2,0 \text{ км}^3$, что обеспечило снижение стока р. Урал в его низовьях на 15...20 % [8, 9]. После распада СССР водопотребление стало постепенно снижаться и за последние 10 лет стабилизировалось в объеме порядка $1,8 \text{ км}^3/\text{год}$ или 20 % водных ресурсов РФ в бассейне р. Урал. Вероятно, что столь значительное снижение объемов водопотребления также оказало определенное влияние на увеличение водных ресурсов этого бассейна.

И в прошлом и в настоящее время порядка 80...90 % суммарного водозабора используются на нужды промышленности и коммунально-бытового водоснабжения. Безвозвратное водопотребление за счет весьма значительных сбросов в поверхностные воды (с учетом откачек из подземных вод) в пределах России на современном уровне ориентировочно оценивается в $0,2...0,3 \text{ км}^3/\text{год}$. Сведениями о современных величинах водопотребления в казахской части бассейна авторы не располагают.

С целью обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов в 1996 г. Российско-Казахстанской комиссией по трансграничным водам был утверждён «Протокол о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов, координации водохозяйственной деятельности в бассейне р. Урал». В соответствии с данным Протоколом были определены объемы, передаваемые РФ в республику Казахстан стока рек Урал и Чаган в годы 50 %, 75 % и 95 % обеспеченности и показатели оценки гидрологических и гидрохимических характеристик вод по

этим рекам. Согласно пункта 2 данного Протокола, в маловодные годы предусматривается выделение дополнительного объема воды по р. Урал в республику Казахстан за счет переброски воды из Ириклинского водохранилища в Оренбургской области. Жарким летом 2010 г. для обеспечения водоснабжения Росводресурсы согласовали увеличение сбросных расходов из Ириклинского водохранилища с 15 до 20 м³/с.

По мнению представителя Казахстана, высказанному на заседании МПА ЕврАзЭС, проходившем в апреле 2010 г. в г. Санкт-Петербурге, подписанный в 1996 г. Протокол носит достаточно декларативный и общий характер и уже не отвечает реалиям сегодняшнего дня. В связи с чем, назрела необходимость принятия двухстороннего Межгосударственного Соглашения между республикой Казахстан и РФ о совместной охране и рациональном использовании трансграничных вод реки Урал.

По-видимому, первые шаги в этом направлении уже сделаны. На VII Форуме межрегионального сотрудничества России и Казахстана (сентябрь 2010 г., г. Усть-Каменогорск) стороны пришли к согласию о необходимости создания международного фонда р. Урал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы СССР и их использование. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 300 с.
2. Водные ресурсы России и их использование. – СПб: ГГИ, 2008. – 598 с.
3. Водопотребление и водоотведение в Российской Федерации за 1965 г. – М.: Минводхоз РСФСР, 1966. – 55 с.
4. Вода России (Речные бассейны). – Екатеринбург, 2000. – 535 с.
5. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению его характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 78 с.
6. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб: «Нестор-История», 2010. – 161 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, Вып. 2. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 510 с.
8. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала. // Труды ГГИ. – Вып. 239. – 1977. – С. 109-122.
9. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 302 с.

Государственный Гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

ОРАЛ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Геогр. ғылымд. докторы К.В. Цыценко
Т.И. Владимирова

Мақалада Орал өзені алабының жер беті су ресурстарын Ресей мен Қазақстан Республикасы арасындағы трансшекаралық ағын суда бағалау нәтижелері талқыланады. 1936...2007 жылдар аралығында олардың орташа көлемі 10,2 км³/жылды құрады. Климаттың ғаламдық өзгеру кезінде қарастырылып отырған сужиналымның су ресурстары шамамен 10 % ұлғайды. Өзеннің жылдық ағынының көпжылдық ауытқуын талдау, аталған мінездемелердің сызықтық трендтері статистикалық тұрғыдан елеусіз екені көрінеді.