УДК 556.51:502.5

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М.
Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
E-mail: sivohip@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЧНОГО СТОКА В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

Общемировое обострение проблем водопотребления обусловливает необходимость их решения в контексте геополитической, социально-экономической и экологической безопасностирегионов.Значительную актуальность проблемы водопользования приобретают в водно-дефицитных условиях и в регионах с развитым промышленным и сельскохозяйственным производством. В пределах Российской Федерации подобное сочетание является характерным для бассейна трансграничной реки Урал.

В статье проанализированы природные условия и антропогенные факторы формирования речного стока в бассейне р.Уралв аспекте разработки концепции интегрированного управления водными ресурсами. Систематизированы данные о пространственной неоднородности условий формирования стока, обусловленная сложным и взаимоусловленным сочетанием зонально-климатических условий, разнообразного рельефа и ландшафтной структуры. Исследованиями выявлены тенденции в водном режиме рек, выраженные в перераспределении водности по гидрологическим сезонам, проявляющемся в снижении доли весеннего и увеличение меженного стока, особенно в зимний период.

Приведены сведения о наиболее существенных видах антропогенной трансформации поверхностного стока, обобщены данные о параметрах крупнейших водохранилищ. Указывается, что большинство опасных гидрологических ситуаций, наблюдаемых в бассейне Урала, спровоцированы хозяйственной деятельностью человека без учета сезонной и многолетней динамики русловых процессов. В качестве примера рассмотрены геоэкологические последствия сооружения мостовых переходов и дорожных дамб. В статье констатируется, что вопрос об оценке влияния регулирования стока на многолетнюю и годовую трансформацию гидрологического режима водотоков бассейна р.Урал остается дискуссионным, а выводы различных исследователей – неоднозначными.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, трансформация гидрологического режима определяется как географическими контрастами между различными частями бассейна р. Урал, так и антропогенными факторами. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости составления долгосрочных прогнозов в развитии водно-экологической ситуации с детальной оценкой социально-экономических и ландшафтно-гидрологических последствий.

Ключевые слова: трансформация речного стока, трансграничный бассейн, регулирование стока

Концепция интегрированного управления водными ресурсами в трансграничном бассейне кроме социально-экономических и водохозяйственных аспектов, должна учитывать природную специфику исследуемой территории. В последние годы, как показывает практика (в т. ч. и в пределах бассейна р. Урал), многие проблемы управления водопользованием усугубляются климатообусловленными изменениями водного режима рек. В связи с этим, необходимо провести агрегированный учет гидротермических показателей и их пространственных закономерностей (в комплексе с азональными факторами), определяющих природную гидрологическую изменчивость водных ресурсов в речном бассейне.

Из климатических факторов, определяющих величину и изменчивость речного стока бассейна р. Урал, основным являются снегозапасы, которые к началу таяния значительно изменяются по территории в соответствии с зональным убыванием количества зимних осадков с севера на юг и с запада на восток, а также под влиянием рельефа и залесенности местности. В верхнем течении р. Урал величина снегозапасов за многолетний период составляет 70–120 мм, на юге – 30–50 мм. Наибольшая величина запасов воды в снеге – 200 мм отмечается в горной залесенной части бассейна р. Сакмары – главного притока р. Урал. В связи с тем, что в районах с низкогорным рельефом, составляющих большую часть зоны формирования стока р. Урал, изменчивость гидроклиматических факторов, обуславливающих водный баланс территории, более значима, чем на равнинных участках, для первых необходим более детальный учет водно-ресурсных компонентов ландшафта.

Степень густоты является косвенным показателем, определяющим нормы речного стока (в совокупности с рельефом и почвенно-геологическими условиями). Густота речной

сети на правобережье бассейна р.Урал составляет 0,28 км/км^2, на левобережье – 0,19 км/км^2, а среднее значение по бассейну – 0,25 км/км^2. При прочих равных условиях коэффициент стока во много раз выше на расчлененных участках, чем при безтальвежной форме стекания. В связи с этим правые притоки, стекающие с более возвышенных и расчлененных участков бассейна, в питании р. Урал играют большую роль. Также следует отметить, что степень густоты речной сети находится в прямом соотношении со степенью водной эрозии.

Если густота речной сети является носителем эрозионной энергии территории, то лесистость выступает как сдерживающий фактор. Территория бассейна р. Урал характеризуется крайне неравномерной облесенностью. В верховьях, в условиях сложного рельефа и значительного количества осадков, сформировалась древняя гидрографическая сеть, сопровождающаяся интенсивным развитием лесной растительности, в нижнем течении – при плоском рельефе и незначительном увлажнении, облесенность бассейна крайне низкая. В верховьях, на правобережьях р. Урал до устья рр. Таналык и Сакмара до р. Б. Ик, облесенность превышает 20%, а в верховьях Сакмары и ее притоках составляет 40–80%. Средняя часть бассейна в пределах степной зоны имеет облесенность от 1 до 10%, в низовьях бассейна, в пределах Западно-Казахстанской и Атырауской областей залесены только долины р. Урал. В целом, при нарастании водосборной площади реки от истока к устью отмечается резкое сокращение лесистости. Основное влияние лесистости на показатели стока, прежде всего, выражается в воздействии на водно-физические свойства лесных типов почв, увеличивая их водопроницаемость и уменьшая влагоёмкость. Благодаря этому почвы переводят значительную часть талого стока в грунтовый, и увеличивают меженные расходы воды. Количественный эффект регулирующего влияния леса зависит от характера почв, типа леса, формы и размера водосбора, глубины вреза русла.

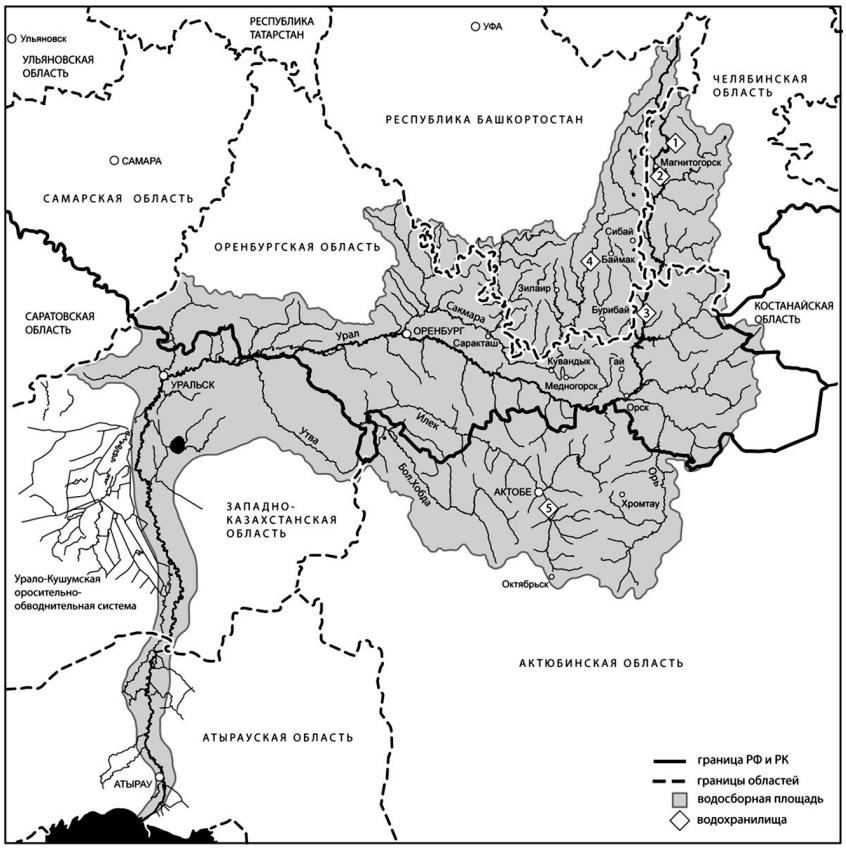


Рис. 1. Трансграничный бассейн реки Урал

Существенное изменение в зональное распределение стоковых характеристик вносит рельеф, благодаря которому в горных районах наблюдаются более высокие значения стока. В верховьях р. Урал, а также правых притоков, берущих начало на восточных и юго-восточных склонах Уральских гор – Мал.и Бол. Кизил, Сакмара с притоками Зилаир и Бол. Ик – значения водности могут достигать 3,0 л/с км^2 . По мере продвижения на восток и юг с возрастанием засушливости климата модули годового стока резко сокращаются: р. Бол. Кумак – 1,1–1,2 л/с км^2, р. Жарлы – 1,5 л/с км^2, р. Орь – 0,8-0,9 л/с км^2, р. Илек – 0,96 л/с км^2 (таблица 1).

Как уже было отмечено, взаимодействие гидротермических и ландшафтно-геоморфологических факторов определяет специфику водного режима рек трансграничного бассейна р.Урал. По характеру водного режима водотоки исследуемого бассейна относятся к рекам с весенним половодьем казахстанского типа, для которых характерна резкая и высокая волна половодья, а остальную часть года сток бывает очень мал, вплоть до полного пересыхания рек [3]. Кроме этого, реки бассейна характеризуются значительной межгодовой амплитудой показателей стока – в многоводный год, общий сток р. Урал может быть в десятки раз больше, чем в маловодный, например, в 1957 г. годовой расход реки составил 24 км^3, а в 1967 г. – лишь 2,6 км^3 [5].

Согласно рис. 2, в настоящее время в бассейне р.Урал наблюдаются определенные изменения в распределении водности по гидрологическим сезонам и прежде всего, необходимо обратить внимание на снижение доли весеннего и увеличение меженного стока, особенно в зимний период.

По данным ученых Гидрологического Института, годовой сток р. Урал (российская часть) на период 2010–2039 гг. увеличится на 10%, но в тоже время изменится и внутригодовое распределение стока [7]. Уменьшение доли весеннего стока р. Урал отражает современную эколого-гидрологическую обстановку рек Европейской России на фоне климатических изменений и интенсивной антропогенной деятельности в пределах водосборных территорий. Следует отметить, что значительные коррективы в увеличение доли меженного стока вносят зимние оттепели, повторяющиеся в исследуемом регионе в последнее время с регулярной частотой. В результате, основная часть сформировавшейся во время оттепелей воды расходуется на увеличение влажности деятельного слоя почвы, что создает благоприятные условия для инфильтрационного

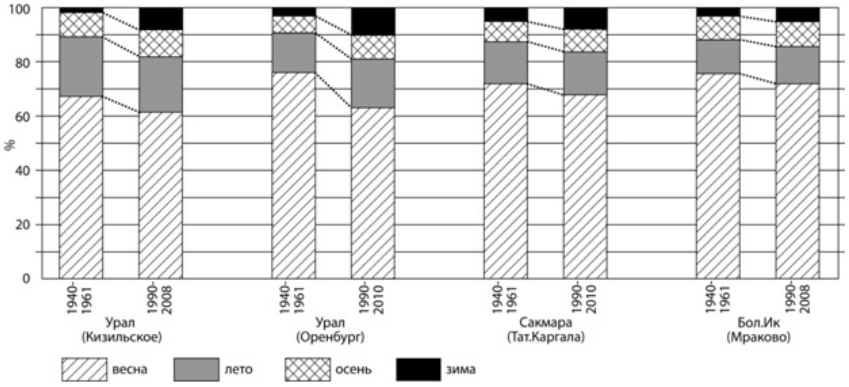


Рисунок 2. Сезонное распределение речного стока в бассейне р. Урал

Таблица 1. Параметры среднегодового стока в створах крупных рек трансграничного бассейна р. Урал

Река – створ	Площадь водосбора, км^2	Средн. значение стока, м^3/с	Модуль стока, л/с км^2	Регион
р. Урал – с. Кизильское	17200	27,5	1,6	Челябинская область
р. Урал – г. Орск	46100	27,9	1,29	Оренбургская область
р. Урал – г. Оренбург	82300	97,5	1,13	Оренбургская область
р. Урал – с. Кушум	190000	320,0	-	Западно-Казахстанская область
р. Сакмара – п. Акъюлово	5640	12,3	2,79	Республика Башкортостан
р. Сакмара –с. Тат. Каргала	29600	110,0	3,71	Оренбургская область
р. Илек – пос. Веселый	17200	22,1	1,28	Оренбургская область
р. Орь – п. Богетсай	7480	4,32	0,56	Актюбинская область

питания подземных вод и закономерному увеличению меженного стока многих рек.

Существенное влияние на трансформацию речного стока оказывают различные виды хозяйственной деятельности.Современная водохозяйственная обстановка региона складывалась соответственно возникавшим потребностям регионального хозяйства. В 1932 г. Гипроводомбыла начата разработка схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна р. Урал, предусматривающей вопросы регулирования стока для водообеспечения формировавшихся промышленных центров на базе рудных месторождений Южного Урала [1].

Отличительной чертой строительства гидроузлов в бассейне р. Урал является расположение крупнейших водохранилищ в пределах верхнего течения главной реки (Верхнеуральское, Магнитогорское и Ириклинское водохранилища). Полные объемы данных гидротехнических сооружений, расположенных в лесостепной и степной зоне, составляют 0,60, 0,19 и 3,26 км^3 соответственно, что равно 96% общего объема водоемов всего бассейна р. Урал [2]. Для сравнения – в смежном бассейне р. Белой наиболее крупные водохранилища размещены на притоках (Павловское – на р. Уфа, объем – 1410,0 м^3, Нугушское – на р. Нугуш, объем – 400,0 м^3 и др.), и только в 2008 году крупным водохранилищем (Юмагузинское, объемом 300,0 м^3) был зарегулирован сток р. Белой [2].

Кромесозданных позднее водохранилищ, планировалось строительство следующих гидроузлов: Губерлинского (объемом 535 млн. м^3) на р. Урал, Мало-Чураевского (Кувандыкского) (640 млн. м^3) и Нижне-Сакмарского (2520 млн. м^3; у г. Оренбурга) на р. Сакмара. Для создания водного пути от Каспийского моря до г. Орска на всем протяжении планировалось создание системы сплошного шлюзования низконапорными плотинами для обеспечения глубин 1,8–2,0 м. Позднее, в 1950–1960-е годы, в связи с освоением целинных земель возникла потребность обеспечения водой сельскохозяйственного производства. Поставленные задачи по гарантированному водообеспечению были решены частично – к настоящему времени в бассейне Урала насчитывается 18 крупных и средних водохранилищ (рис. 1). Отдельно следует отметить реализацию проектов регулирования стока на территории Республики Башкортостан, которая существенно повлияет на гидрологический режим р. Сакмара и приведет к катастрофически низким расходам реки Урал в маловодные годы [4].

Достаточно дискуссионным остается вопрос, связанный с влиянием регулирования стока на многолетнюю и годовую трансформацию гидрологического режима водотоков. По данным И.А. Шикломанова[6], в маловодные годы абсолютная величина уменьшения стока за счет антропогенных факторов (в т.ч. регулирование стока) может увеличиться до 2,1–2,2 км^3/год, а в

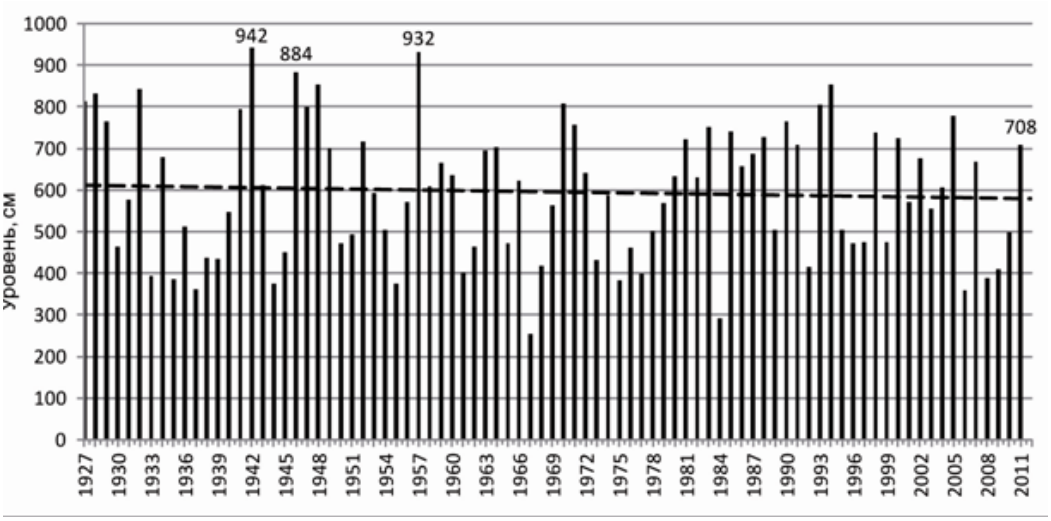


Рисунок 3.График хода максимальных уровней р. Урал (гидропост г. Уральск, Республика Казахстан)

многоводные – уменьшаться до 1,2–1,3 км^3/год. Сооружение крупных водохранилищ в бассейне реки Урал (Верхнеуральское, Магнитогорское и Ириклинское) привело к определенному выравниванию внутригодовых колебаний речного стока, прежде всего к снижению максимальных экстремумов в период весеннего половодья (рис.3).

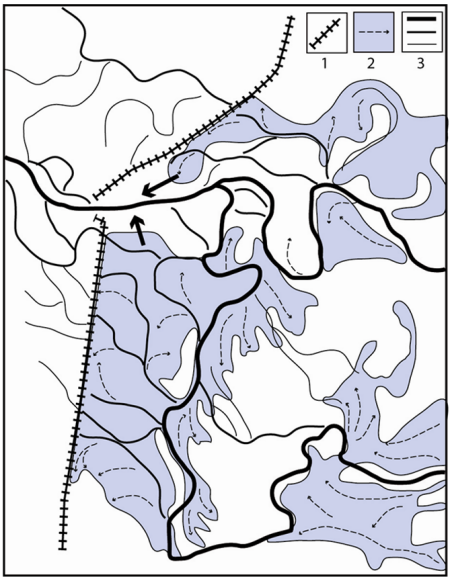
Как отмечает ряд авторов [2], [6], влияние малых водохранилищ на речной сток имеет зональный характер и увеличивается по мере увеличения внутригодовой изменчивости стока, снижения общей водности рек и возрастающей степени их хозяйственного использования. В бассейне р. Урал достаточно четко прослеживается данная закономерность по мере продвижения из лесостепных водосборов к степным. Если для бассейнов рек с водосборной территорией в лесостепной зоне (рр.Миндяк, Сакмара, Зилаир, Б. Ик, Б. Кизил и др.) снижение стока составляет около 1–2 %, то для бассейна р. Таналык, протекающего в степной зоне, оно доходит до 7–22 % [2].Кроме этого, важно учитывать площадь водосборной территории регулируемого водотока – чем меньше река, тем значительнее зависимость между величиной уменьшения стока под влиянием регулирования стока и водностью реки [6].

Сооружение хозяйственных объектов в пойме и на речных террасах, а также на прилегающих к ним участкам, является существенным фактором трансформации стока. При недостаточно полном учете гидродинамических характеристик водно-речных геосистем возведение этих объектов представляет собой угрозудля их целостности и может иметь негативные эколого-гидрологические последствия.

За последние десятилетия целая серия непредвиденных катастрофических затоплений населенных пунктов была спровоцирована строительством новых мостовых переходов с малой пропускной способностью. В результате паводков речные воды вышли за пределы высокой поймы и стихийно подтопили населенные пункты, расположенные на надпойменной террасе и приречных склонах. Кроме этого, в условиях значительного меандрирования реки в ее среднем течении и наличия террас с рыхлыми отложениями, высокая волна весеннего половодья становится причиной катастрофического разрушения берегов, на которых расположены селитебные территории, промышленные сооружения, коммуникации, нефтяные и газовые скважины.

Мостовые сооружения часто являются препятствием для прохождения ледовых масс, в некоторых местах (особенно на р. Сакмара) выше них образуются завалы деревьев, вызывающие подпор воды. Всего через реку Урал возведено около 47 автомобильных и 7 железнодорож-

А. Изображение на космоснимке



Б. Ситуационная схема

Рисунок 4. Подпор весенне-паводковой воды р. Урал дамбой дороги Беляевка-Алабайтал
1 – дамба; 2 – площади подтопления и направления площадного стока; 3 – направления линейного стока

ных мостов, через Сакмару – 36 автомобильных и 2 железнодорожных мостов.Отсутствие достаточного количества проточных колец в основании дамбы (насыпи) приводит к подпору весенне-паводковых вод, возникают случаи подтопления населенных пунктов, частичного разрушения насыпей. Подобные ситуации с некоторой периодичностью наблюдаются на реках Урал (г.Орск, с. Алабайтал и др.), Бол.Кумак (пос. Новоорск), Сакмара (с. Биктимирово) (рис. 4). Затруднение стока приводит к снижению сезонной промывной способности реки, накоплению аллювиальных отложений, повышенному испарению с поверхности воды.

Еще однимфактором антропогенной трансформации речного стока является добыча песчано-гравийных смесей в руслах и поймах рек.

Таким образом, трансформация гидрологического режима определяется как географическими контрастами между различными частями бассейна р. Урал, так и антропогенными факторами. Проведенные выше исследования, свидетельствуют о необходимости составления долгосрочных прогнозов в развитии водно-экологической ситуации с детальной оценкой социально-экономических и ландшафтно-гидрологических последствий. Учитывая специфику речных экосистем, степень использования водных ресурсов и их социально-экономическую значимость, отметим необходимость детальной оценки факторов трансформации гидрологического режима для дальнейшей разработки мер по снижению вероятности возникновения и возможного ущерба от опасных гидрологических ситуаций.

11.10.2015

Статья подготовлена в рамках гранта РФФИ «Разработка принципов интегрированного управления водными ресурсами трансграничного бассейна р.Урал» (№ 13-05-97028)

Список литературы:

1. Боскис С.Г., Троцкий М.Н. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал. М., Ташкент: Изд-во «Сазгипровод», 1934. 271 с.
2. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. Уфа: Китап, 2001. 260 с.
3. Закономерности гидрологических процессов. Под редакцией Н.И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.
4. ПавлейчикВ.М., СивохипЖ.Т. Дифференциация бассейна р.Урал по степени антропогенной трансформации условий поверхностного стока // Известия Самарского научного центра / Том 16, № 1 (4), 2014. С. 1013-1016.
5. ЧибилёвА.А. Бассейн Урала: история, география, экология / Отв. ред. Ж.Т. Сивохип, О.А. Грошева. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008.– 312 с.
6. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 302 с.
7. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России // Гидрологические последствия изменений климата : Труды Британ.-Росс. конф. – Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. – С. 143-151.

Сведения об авторах:

Сивохип Жанна Тарасовна, старший научный сотрудник Института степи УрО РАН,
кандидат географических наук
460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, e-mail: sivohip@mail.ru

Павлейчик Владимир Михайлович, заведующий лабораторией Института степи УрО РАН,
кандидат географических наук
460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11