

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕК ЮЖНОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА КАК ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

В статье характеризуются закономерности формирования и преобразования водоресурсных элементов в бассейне реки Урал и установлены факторы изменчивости их временной и пространственной структуры на основе водобалансового метода, а также разработаны регионально специфичные способы оценки гидроресурсов рассматриваемой территории, на примере типовой реки Сакмара.

Рационализация природопользования (водопользования) в степной зоне предполагает наличие оперативной, достоверной и высокоточной исходной информации об условиях и факторах, предопределяющих изучаемые процессы обмена веществом и энергией в конкретных геосистемах, включая бассейны рек.

Использование водных ресурсов в качестве сырья, энергоносителя, технологической среды является необходимым условием выполнения ряда производственных процессов. Водное хозяйство является не просто гидроресурсоэксплуатирующей, но и базовой, жизненно важной отраслью, что определяется ее экономической, социальной и экологической сущностью. Определение влияния различных видов хозяйственной деятельности на водные ресурсы рек, учет последствий межзональных перебросок стока на гидрологический режим рек, прогнозная оценка изменения водного режима рек под влиянием орошения и осушения и решение ряда других практических задач требуют детальных водобалансовых исследований с использованием гидрологического моделирования. При этом для разработки моделей управления процессами стока и испарения в речных бассейнах и его отдельных зонах за основу принимается уравнение водного баланса.

При учете закономерностей процессов круговорота воды, и связанного с ним круговорота веществ, возможно нахождение эффективных схем управления этими процессами в нужном для водного хозяйства направлении. Принятие управленческих и других решений, направленных на оптимизацию водопользования и водопотребления заданной территории невозможно без высокоэффективного методического обеспечения. Поэтому для любой речной системы степной зоны остро необходима разработка современных региональных методов учета и оценки ее основных водоресурсных элементов.

Это весьма актуально ввиду: потребности в учете внутривековой изменчивости макро – и мезоклиматических условий, предопределяющих процессы образования, динамики и перераспределения водоресурсных факторов на изучаемой территории; наблюдающихся значительных различий во внутригодовом распределении речного стока и обуславливающих его гидрологических компонентов и климатических факторов; существующей дифференциации в объемах водных ресурсов на различных участках водосбора; дефицитности гидроресурсов, особенно в отдельные годы или сезоны, и острой потребности в их рациональном и эффективном использовании в эти периоды; ежегодного обоснования и планирования природоохранных и водоохранных мероприятий соответствующими региональными или бассейновыми ведомствами и службами.

Главными направлениями исследований по решению вышеуказанных проблем должны являться – выявление закономерностей формирования и преобразования водоресурсных элементов в бассейне крупной реки степной зоны и установление изменчивости их временной и пространственной структуры, включающими: анализ изученности вопросов методического и информационного обеспечения исследуемой проблемы; выбор основных водоресурсных приходно-расходных компонентов, требующих их обязательного учета для типовой речной системы аридного региона; определение степени пригодности и необходимости совершенствования существующих расчетных схем, необходимых для оценки элементов водного баланса в бассейне реки Урал; разработка системы региональных методов и алгоритмов для оценки изменчивости территориальной и внутригодовой структуры водного баланса типовой для региона реки; установление направлений, форм и видов деятельности по исполь-

зованию созданной системы специальных методов в социально-экономической сфере степного региона.

Географическое положение Оренбургского региона создает ряд характерных особенностей, которые в значительной степени влияют на решение задач оптимизации водопотребления объектами социальной сферы и хозяйственного комплекса. Оренбургская область относится к засушливым районам, – где среднегодовое количество осадков не превышает 350 мм. В частности, рассматриваемый регион в значительной своей части расположен на Волго-Уральском и Урало-Тобольском водоразделах и поверхностный сток формируется преимущественно в его пределах, а поступающий извне сток составляет лишь 26% от расхода воды, фиксируемого на территории области. При этом, вследствие большого потребления воды из реки Урал Магнитогорским промышленным узлом, возможности использования добавочного стока этой реки незначительны.

Доля поверхностных источников в общем водопотреблении области составляет около 80%, а в период зимней и летней межени забор воды на некоторых участках реки достигает 90% стока. Суммарное влияние хозяйственной деятельности на реки региона выражается, главным образом, в безвозвратном водопотреблении, которое равняется в среднем 10% стока. В годы низкой обеспеченности стока и атмосферных осадков доля снижения водности рек в результате антропогенной деятельности может составлять до 23-30%, что нередко вызывает дефицит водопотребления на хозяйственных объектах средней и восточной зон области, бедных водными ресурсами, что объясняется тем, что большая часть промышленных предприятий – основных водопотребителей – сконцентрирована именно в указанных зонах.

Современной гидрологией, при изучении водных компонентов в аридных, в том числе степных, регионах широко применяются как традиционные, так и новационные методы, способы и алгоритмы оценки требуемых гидрологических характеристик или природных условий их предопределяющих. Обычно такими базовыми показателями гидрологического или геоэкологического состояния территории являются водный баланс и его элементы. Региональные гидрографические исследования включают как одну из главных и геоэкологически значимых – задачу определения территориальной и

внутригодовой изменчивости структуры водного баланса речного бассейна [6].

Проведение дифференциации водного баланса водосборов по пространственному и временному факторам на основе полиструктурного анализа предложено в [5], с выделением типов и подтипов частных балансов, а изучение последних представляется довольно значимым, в особенности для бассейнов со специфичными природно-хозяйственными условиями формирования и распределения атмосферных осадков, стока, ресурсов почвенных вод [3] и других элементов. С учетом этого территориальная и внутригодовая структура водного баланса водотоков Южного Урала и физико-географических факторов ее обуславливающих [4] могут быть установлены на примере водосборов бассейна реки Урал, (расположенного, в том числе, и в пределах степной зоны), среднемноголетние гидроресурсы которой составляют 7,5% гидроресурсов всего Уральского экономического района.

Детальное изучение водного баланса территории требует комплексного географического подхода, позволяющего установить взаимосвязь между всеми звеньями круговорота воды в природе и оценить составляющие баланса как для длительных, так и для коротких отрезков времени. Характерной особенностью современного этапа исследований является переход от оценки водного баланса речного бассейна за средний многолетний годовой период к определению водобалансовых соотношений для реальных отрезков времени (сезон, месяц, декада), с учетом изменений влагозапасов в бассейнах, в т. ч. по водоресурсным элементам. Это обстоятельство потребовало постановки специфичных экспериментальных и методических исследований, связанных с оценкой отдельных элементов водного баланса за короткие – менее года – интервалы времени в бассейне р. Урал.

Использование моделей гидрологического цикла, учитывающих, как главные физические параметры отдельных элементов, позволяет получить представление о всей совокупности процессов как едином целом и дать оценку ожидаемых количественных изменений водных ресурсов со степенью достоверности, соответствующей точности определения исходных параметров: моделирование гидрологического цикла традиционно охватывает как ход формирования, так и рассеивания стока. Такой подход

позволяет также исследовать возможные варианты динамики процесса и дать дифференцированную оценку возможных последствий для каждого из них [4]. При этом создание банка гидрологических данных, (а также физически обоснованных водобалансовых моделей, связывающих воедино гидрологические явления и метеорологические факторы, со стратегией развития отдельных регионов и данными системы государственного учета поверхностных и подземных вод и их использования), составляет основу для разработки теории управления процессами стока и испарения в речных бассейнах.

Оценки, выполненные в институте УралНИИВХ, показывают, что суммарное безвозвратное водопотребление во всех отраслях хозяйственной деятельности в бассейне реки Урал до южной границы Оренбургской области достигает 2,5 км³/год [9], и позволяют полагать, что усовершенствованные региональные водоресурсные расчеты могут использоваться для прогнозирования гидроэкологического состояния водных объектов при существующих или планируемых вариантах природопользования (водопользования), для анализа сценариев его кризисного изменения в результате опасных природных явлений или техногенных аварий и т.п.

Для разработки регионально специфичных способов оценки водоресурсов бассейна реки Урал, в качестве типовой была выбрана река Сакмара, поскольку данный водоток представляется нам наиболее репрезентативным для подобных исследований, так как, Сакмара единственная из крупных рек рассматриваемого бассейна практически не зарегулирована и ее водосбор характеризуется наименьшей антропогенной нагрузкой. В частности, гидрологические характеристики реки Сакмары позволяют определить как пространственную, так и временную неоднородность воднобалансовых элементов, базируясь, главным образом, на использовании бассейновой концепции как совокупности геосистемного, гидрологического, водохозяйственного и других принципов [7].

В таблице 1 представлены основные водобалансовые элементы, характеристики которых получены в результате обработки исходных гидрологических данных Оренбургского центра Росгидромета.

Годовой сток рек изучаемого региона формируется под влиянием климатических условий, рельефа, физических свойств почво-грунтов и гидрогеологических особенностей водосборов.

Главными гидроклиматическими факторами, определяющими величину как весеннего, так и годового стока рек бассейна, являются снегозапасы, жидкие осадки в период половодья, степень увлажнения местности, глубина промерзания почв и интенсивность снеготаяния. На рассматриваемой территории колебания годового стока имеют резко выраженный характер вследствие значительных изменений в пространстве и во времени основных формирующих его факторов. Так в многоводные годы сток рек бассейна может в 5-10 раз превышать сток маловодных лет. (Рисунок 1).

Река Сакмара относится к числу наиболее крупных притоков первого порядка р. Урал, ресурсы которой в средний по водности год составляют 4,63 км³, а в маловодный 1,62 км³, с водосборной площадью занимающей восьмую часть территории уральского бассейна. В бассейне Сакмары формируется около 40%, а в иные годы – более половины суммарного стока р. Урал [9].

Анализ основных элементов водного баланса по данным наблюдений Оренбургского центра Росгидромета за пятидесятилетний период, показал следующее их перераспределение между теплым и холодным периодами года, – в частности, на теплый сезон приходится от 70 до 97% речного стока, от 44 до 83% атмосферных осадков, от 81 до 99% суммарного испарения.

Таблица 1. Внутригодовое распределение водобалансовых элементов в бассейне р. Сакмара

Параметры	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Атмосферные осадки, мм	27,5	23,5	21,4	24,9	29,2	39,0	39,4	29,3	31,4	37,2	32,8	30,4
Речной сток, мм	2,9	2,8	4,0	53,0	43,5	12,0	6,9	4,4	3,5	4,3	4,9	4,1
Суммарное испарение, мм	2,2	2,2	4,4	22,0	39,6	44,0	39,6	30,8	18,7	9,9	4,4	2,2

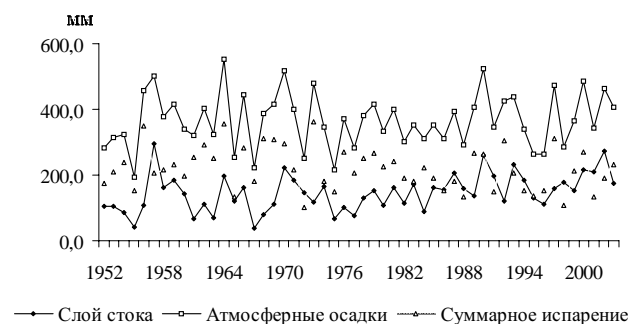


Рисунок 1. Многолетний ход изменчивости водобалансовых элементов в бассейне р. Сакмара

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа для зависимости руслевого стока (Y), ресурсов почвенных вод (W) и суммарного испарения (E) от атмосферных осадков (X) для реки Сакмара

Вид зависимости	Типы уравнений
Y = f(X)	Годовые значения $Y_r = f(X_r)$ $y = -12,292 + (0,432) * x$ ошибка = 29,394 % $y = (44899,670) / x$ ошибка = 56,012 %
	Теплый период $Y_{т.п.} = f(X_{т.п.})$ $y = 17,498 + (0,769) * x + (-0,001) * x^2$ ошибка = 35,835 % $y = 48,814 + (0,342) * x$ ошибка = 36,012 %
	Холодный период $Y_{х.п.} = f(X_{х.п.})$ $y = 9,842 + (0,045) * x + (0,001) * x^2$ ошибка = 53,439 % $y = 7,428 + (0,082) * x$ ошибка = 53,460 %
	Сток теплового периода от осадков холодного периода $Y_{т.п.} = f(X_{х.п.})$ $y = 4,025 + (0,836) * x + (0,001) * x^2$ ошибка = 28,084 % $y = -4,843 + (0,972) * x$ ошибка = 28,096 %
E = f(X)	Годовые значения $E_r = f(X_r)$ $y = 11,675 + (0,569) * x$ ошибка = 19,656 % $y = (68300,590) / x$ ошибка = 48,518 %
	Теплый период $E_{т.п.} = f(X_{т.п.})$ $y = 35,091 + (0,737) * x$ ошибка = 16,964 % $y = 54,952 + (0,590) * x + (0,001) * x^2$ ошибка = 18,377 %
	Холодный период $E_{х.п.} = f(X_{х.п.})$ $y = 11,65449 + (0,032) * x + (-0,001) * x^2$ ошибка = 28,424 % $y = 12,024 + (0,025) * x$ ошибка = 28,426 %
	Теплый период $W_{т.п.} = f(X_{т.п.})$ $y = 1,453 + (0,144) * x$ ошибка = 18,624 % $y = 8,101 + (0,086) * x + (0,001) * x^2$ ошибка = 18,649 %

В процессе исследования были выявлены парные зависимости между основными элементами водного баланса в помесечном и посезонном разрезах. Наиболее тесные связи установлены между: атмосферными осадками холодного и стоком теплового периода года – коэффициент корреляции равен 0,72, осадками холодного периода и весенними почвенными влагозапасами – коэффициент корреляции равен 0,61, а также – между месячными значениями суммарного испарения и ресурсами почвенных вод – коэффициент корреляции от 0,71 до 0,87. Выявление вышеуказанных зависимостей позволило получить уравнения регрессии (Таблица 2), при которых связь между исследуемыми величинами прослеживается наиболее тесно (Рисунки 2, 3, 4). Полученные результаты использовались для построения гидрометеорологических моделей изменчивости временной и пространственной структуры водного баланса для типовой речной системы аридного региона.

Необходимость совершенствования существующих методов оценки водных ресурсов сохраняется и в настоящее время, поскольку, даже в условиях свертывания реализации хозяйственных планов, прослеживается устойчивая практическая заинтересованность различных организаций в результатах гидрологических исследований, которая будет возрастать в соответствии с активизацией экономической деятельности в стране. С большой уверенностью

можно говорить о появлении в перспективе новых запросов к водоресурсной информации, которые будут связаны с особыми требованиями в отношении информационного и методического обеспечения решения гидрологических задач [1].

Полученные гидрологические модели и базы данных являются теоретической и информационной основой для разработки необходимого методического обеспечения гидрологического анализа и расчетов, в виде системы методов оценки изменчивости структуры водного баланса территории. Они могут использоваться для разработки курсов лекций и лабораторно-практических занятий по дисциплинам: гидрология, физическая география Оренбургской области, метеорология и климатология, геоэкология, почвоведение, предназначенных для сту-

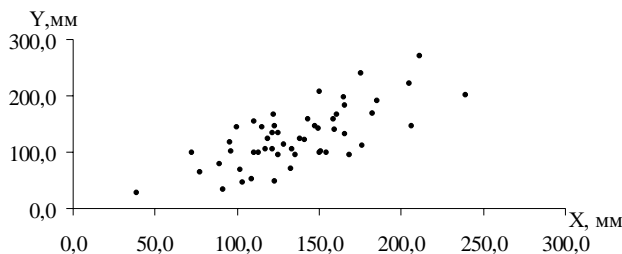


Рисунок 2. Зависимость между стоком теплового периода (Y, мм) и осадками холодного периода (X, мм)

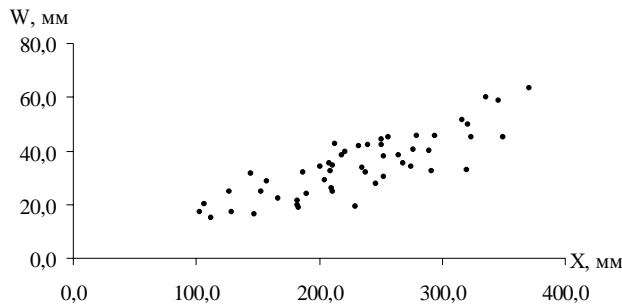


Рисунок 3. Зависимость между ресурсами почвенных вод теплового периода (W, мм) и осадками холодного периода (X, мм)

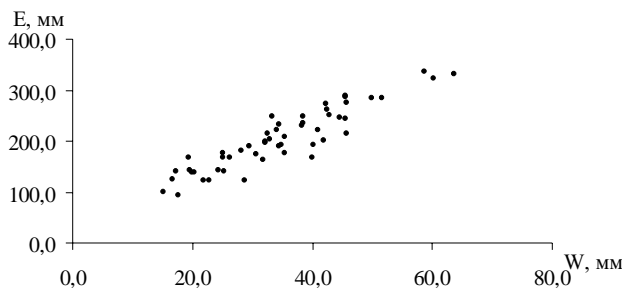


Рисунок 4. Зависимость между ресурсами почвенных вод (W, мм) и суммарным испарением (E, мм) в пределах теплового периода

дентов географических, педагогических и аграрных специальностей.

Методы решения разнообразных, в том числе гидрологических и водохозяйственных задач, связанных с использованием водных объектов, относятся к наиболее востребованному обществом научному продукту. В условиях экономического подъема водоресурсная информация и региональные методические схемы использовались и используются: для обоснования проектов строительства водохранилищ, схем комплексной оптимизации водных ресурсов, и их оценки; при реализации планов отраслевого водопользования, решения проблем водного транспорта и водоснабжения населенных пунктов; для обоснования противопаводочных мероприятий и схем организации переходов через реки нефте- и газопроводов, ЛЭП и т. д.

Актуальность подобных исследований будет сохраняться и в ближайшей перспективе вследствие проявления важной тенденции в гидрологии – представления бассейнов водных объектов как территориально-аквальных систем, в пределах которых естественные факторы и антропогенные нагрузки обуславливают закономерные изменения стока или геоэкологического состояния водных объектов. В совокупности с внутренними географо-гидрологическими механизмами трансформации вещественных (водных) потоков в русловой сети, использование соответствующих выявленных

закономерностей позволит создать теоретическую и методологическую базу изучения и прогнозирования естественных и антропогенных изменений в речных бассейнах и имеющихся в них водных объектах [2].

Водобалансовые эксперименты на Южном Урале и разработанное на их основе региональное методическое обеспечение, аналогичные рассмотренным выше потенциально полезны для географов, геологов, экологов и других специалистов – аналитиков, экспертов и проектировщиков, занимающихся проблемами геофизики, геохимии и геоэкологии ландшафтов, поскольку они в интегральной форме характеризуют состояние природной среды любой исследуемой территории и представляют средства, требуемые для оценки ситуации в конкретном бассейне.

Таким образом, все возрастающая потребность в воде и ее значимость для социально-хозяйственной сферы южно-уральского региона и существующая неравномерность пространственно-временного распределения отдельных составляющих водного баланса требуют геоэкологически обоснованного водопотребления и, – комплексного в том числе информационно-методического подхода к решению ряда водохозяйственных задач, позволяющего объективно учитывать водные ресурсы и оптимизировать водопользование на рассматриваемой территории.

Список использованной литературы:

1. Алексеевский Н.И. Тенденции развития гидрологии. //Вестник московского университета. Серия 5. География. 1998, №4, С.49-54.
2. Гареев А.М. Оптимизация водоохраных мероприятий в бассейне реки (географо-экологический аспект). С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1995– 190 с.
3. Гусев Е.М. Формирование режима и ресурсов почвенных вод в зимне-весенний период. – М.: Физматлит, 1993.-160 с.
4. Евстигнеев В.М. Аналитическое описание климатических факторов изменчивости годового стока. //Труды Академии водохозяйственных наук. Вып.5. – М., 1997. – С.31-36.
5. Коронкевич Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990.– 2 с.
6. Коронкевич Н.И. Трансформация водных ресурсов в конце XX столетия в России и проблемы гидрологии. //Труды Академии водохозяйственных наук. Вып.5. – М., 1997. – С. 51-58.
7. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
8. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеоиздат, 1990 – 229 с.
9. Россия: Водно-ресурсный потенциал. /Под. ред. А.М. Черняева. РосНИИВХ.– Екатеринбург. Изд. «Аэрокосмоэкология», 1998. – 341 с.