

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫХ ИЗЪЯТИЙ СТОКА МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

Орлова И. В.

ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия (656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1), e-mail: inna_orlova11@mail.ru

В статье представлены методические подходы к оценке экологически допустимых изъятий стока малых и средних равнинных рек для целей орошения. Приведены результаты оценки экологического стока рек Кулундинской провинции (Алтайский край) на основе использования двух методов: способа пропорциональных расходов и способа сезонных ограничений. Оценка экологически допустимых изъятий стока рек на орошение для каждого водохозяйственного створа определялась как разность между естественным и экологическим стоком реки. Результаты проведенной оценки показывают, что способ сезонных ограничений может быть использован только для условий острозасушливых лет. Наибольшую практическую значимость при проведении данной оценки имеет использование способа пропорциональных расходов. Учет результатов оценки экологически допустимых изъятий стока рек на орошение позволит сохранить экологическое равновесие в бассейнах малых и средних рек Кулундинской провинции.

Ключевые слова: водные ресурсы, экологический сток, орошение, изъятие стока, Кулундинская провинция.

EVALUATION OF ECOLOGICALLY ACCEPTABLE RUNOFF WITHDRAWALS IN SMALL AND MEDIUM-SIZE RIVERS FOR IRRIGATION

Orlova I. V.

Institute for Water and Environmental Problems (IWEP SB RAS), Barnaul, Russia, (1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia), e-mail: inna_orlova11@mail.ru

The paper presents the methodical approaches to the assessment of ecologically acceptable runoff withdrawals in small and medium-size lowland rivers for irrigation purposes. The assessment results of the environmental flow of the rivers of the Kulunda region (Altai territory) based on the use of two methods: the proportional method and expenditure method seasonal restrictions. Evaluation of environmentally acceptable withdrawals of river flows for irrigation water for each target was determined as the difference between the natural and ecological flow of the river. The results of the evaluation show that the method of seasonal restrictions can be used only for conditions of high-draught years. The greatest practical importance in carrying out this evaluation is using the method of proportional costs. The evaluation results of ecologically valid withdrawals of river flows for irrigation will help to maintain the ecological balance in the basins of small and medium rivers Kulunda province.

Keywords: water resources, environmental flow, irrigation, flow diversion, Kulunda province.

Оценка экологически допустимых изъятий стока рек для различных хозяйственных целей представляет собой сложную методологическую проблему, обусловленную как дефицитом гидрометеорологической информации для многих рек, так и сложностью прогнозирования колебаний их водности в зависимости от влияния климатических и антропогенных факторов. Поэтому анализ, уточнение и адаптация к различным целям в области водопользования существующих методических подходов такой оценки является весьма актуальной задачей.

Цель исследования – оценка экологически допустимых изъятий стока малых и средних равнинных рек для орошения. Анализ результатов данной оценки позволит оценить

перспективы возможного водозабора из поверхностных водотоков на орошение для конкретного региона.

В Алтайском крае развитие орошения наиболее актуально на территории самой его засушливой части – Кулундинской провинции, которая рассматривается нами в границах, обоснованных в схеме физико-географического районирования, разработанной в ИВЭП СО РАН [2], и характеризуется очень разреженной речной сетью и низкими значениями коэффициента увлажнения в сухие периоды (0,12–0,33) [4].

Современные тенденции наличия значительного положительного линейного тренда годовой температуры и заметного отрицательного тренда годовых осадков в степной зоне Алтайского края, наблюдаемые в течение периода 1966–2011 гг. [10], негативно сказываются на урожайности многих сельхозкультур из-за недостатка влаги. Для планирования же расширения площадей орошаемых сельхозугодий требуется учет геоэкологических ограничений использования потенциала имеющихся водных ресурсов.

В Кулундинской провинции эксплуатируются преимущественно подземные воды [8], однако на некоторых участках их запасы недостаточны и возникает необходимость использования поверхностных водотоков, среди которых для орошения, согласно химическому анализу речных вод [3], пригодны реки Бурла, Кулунда, Кучук и Суетка. Реки Чуман, Бакланиха и притоки р. Кулунды летом пересыхают, а р. Солонька представляет собой левый рукав дельты р. Кулунды и по ионному составу ее воды не пригодны для орошения, т.к. относятся к сульфатно-хлоридной и хлоридно-сульфатной группе натрия [3].

Важность оценки экологически допустимого изъятия стока рек изучаемой территории в значительной степени обусловлена тем, что все они располагаются в бессточных бассейнах озер (Кулундинское, Кучукское, Б. Топольное и др.), которые имеют огромное природоохранное [1], рекреационное, рыбохозяйственное либо промышленное значение и являются источниками их водного питания.

Материалы и методы исследования. Данные наблюдений за расходами воды для рек приведены по гидрологическим постам, расположенным в границах изучаемой территории: р. Бурла – с. Хабары (площадь водосбора 4750 км²), р. Кулунда – с. Шимолино (12300 км²), р. Кучук – с. Нижний Кучук (992 км²), р. Суетка – с. Н. Суетка (692 км²).

Для расчетов по всем рекам, кроме Суетки, использованы неопубликованные данные из фонда ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» за период наблюдений 1986–2012 гг.

Оценка экологического (природоохранного) стока рек проводилась на основе способа пропорциональных расходов и способа сезонных ограничений [6]. Оценка экологически допустимых изъятий стока рек на орошение для каждого водохозяйственного створа определялась как разность между естественным и экологическим стоком реки.

Результаты исследования. Специфика оценки экологически допустимого изъятия стока рек на орошения требует учета как изменчивости стока по месяцам теплого периода года (апрель – сентябрь), так и его минимальных значений в засушливые и острозасушливые годы. Анализ существующих методов такой оценки показал, что для целей данного исследования в наибольшей степени подходят два метода: способ пропорциональных расходов и способ сезонных ограничений [6].

1. Для оценки способом пропорциональных расходов были определены годы заданной обеспеченностью 50 %, 75 % и 95 %. Расчетные параметры распределения определялись подбором наилучшего соответствия эмпирического распределения и теоретических кривых распределения Пирсона 3 типа и распределения Крицкого – Менкеля, с подбором параметров методом наименьших квадратов и методом наибольшего правдоподобия. По рассчитанным значениям 50 %, 75 % и 95 % среднегодовых расходов определялся фиктивный фактический год заданной обеспеченности, путем определения переходного коэффициента от фактического года с обеспеченностью среднегодового значения стока близкой к значению заданной обеспеченности, или как осредненное значение нескольких лет близких по обеспеченности к заданной величине обеспеченности с учетом переходного коэффициента. Далее по каждому из определенных фактических лет заданной обеспеченности было определено внутригодовое распределение характеристики стока [7].

В год расчетной обеспеченности (P) величина экологически допустимого стока ($Q^{экp}$) определяется как доля от природного речного стока в год данной обеспеченности (Q^p):

$$Q^{экp} = K \times Q^p,$$

где K – эмпирический постоянный для всех лет коэффициент, принимаемый в пределах (0,9–0,5) – в зависимости от конкретных условий.

По предложению В.В. Шабанова, величина экологического стока определяется по схеме [6]:

$$Q^{50эк} \geq 0,7 \times Q^{50p},$$

$$Q^{75эк} \geq 0,8 \times Q^{75p},$$

$$Q^{95эк} \geq 0,9 \times Q^{95p}.$$

2. Для расчетов экологического стока по методу сезонных ограничений из имеющихся рядов наблюдений в отдельную группировку лет были выделены маловодные годы с обеспеченностью выше 75 %. Каждый год был разделен на условно фазово-однородные сезоны: весна, как многоводный период, связанный с весенним половодьем, которое формируется на рассматриваемых объектах Кулундинской провинции в апреле–мае; и маловодный период, который объединяет в себе 10 месяцев с июня по март. Параметры

распределения были рассчитаны по сформированным рядам из сезонов, выделенных внутри маловодных лет [7]. Экологический сток рассчитывался по формулам [6]:

$$Q_{\text{эк. весна } i} = Q^{p\% \text{ весна}}, \text{ если } (Q^{\text{весна ср. мн.}} - \sigma^{\text{весна}}) \geq Q^{p\%} p \text{ весна } i$$

$$Q_{\text{эк. весна } i} = (Q^{\text{весна ср. мн.}} - \sigma^{\text{весна}}), \text{ если } (Q^{\text{весна ср. мн.}} - \sigma^{\text{весна}}) < Q^{p\%} p \text{ весна } i$$

$$Q_{\text{эк. лоз } i} = Q^{p\% \text{ лоз}}, \text{ если } (Q^{\text{лоз ср. мн.}} - \sigma^{\text{лоз}}) \geq Q^{p\%} p \text{ лоз } i$$

$$Q_{\text{эк. лоз } i} = (Q^{\text{лоз ср. мн.}} - \sigma^{\text{лоз}}), \text{ если } (Q^{\text{лоз ср. мн.}} - \sigma^{\text{лоз}}) < Q^{p\%} p \text{ лоз } i$$

где $Q^{p\%} p i$ – природный расход воды в реке в i -й месяц конкретного сезона, в год обеспеченностью $P\%$; $Q^{\text{весна ср. мн.}}$, $Q^{\text{лоз ср. мн.}}$ – среднемноголетний расход воды в реке в природных условиях в конкретный период года; $\sigma^{\text{весна}}$, $\sigma^{\text{лоз}}$ – среднеквадратическое отклонение сезонных расходов.

Результаты оценки экологического стока ($Q_{\text{эк}}$) рек Кулундинской провинции на основе двух методических подходов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экологический сток ($Q_{\text{эк}}$, м³/с) рек Кулундинской провинции в годы с различной обеспеченностью

Месяц	Способ пропорциональных расходов			Способ сезонных ограничений		
	$Q_{\text{эк}} 95\%$	$Q_{\text{эк}} 75\%$	$Q_{\text{эк}} 50\%$	$Q_{\text{эк}} 95\%$	$Q_{\text{эк}} 75\%$	$Q_{\text{эк}} 50\%$
р. Бурла – с. Хабары						
апрель	0,468	3,330	7,217	0,479	1,880	1,880
май	0,069	2,400	6,888	0,479	1,880	1,880
июнь	0,024	0,952	2,649	0,014	0,121	0,121
июль	0,023	0,256	0,871	0,014	0,121	0,121
август	0,017	0,098	0,255	0,014	0,121	0,121
сентябрь	0,011	0,046	0,272	0,014	0,066	0,121
р. Кулунда – с. Шимолино						
апрель	0,009	3,866	7,727	0,431	3,490	3,490
май	1,305	5,125	15,190	0,431	3,490	3,490
июнь	0,234	2,176	4,088	0,098	0,098	0,098
июль	0	0,602	1,694	0	0,098	0,098
август	0	0,224	0,546	0	0,098	0,098
сентябрь	0	0,016	0,259	0	0,018	0,098
р. Кучук – с. Нижний Кучук						
апрель	0,702	1,862	3,188	0,587	1,010	1,01
май	0,378	0,594	0,633	0,587	0,852	1,09
июнь	0,270	0,408	0,427	0,275	0,275	0,275
июль	0,243	0,384	0,322	0,200	0,275	0,275
август	0,189	0,376	0,385	0,200	0,275	0,275
сентябрь	0,234	0,344	0,318	0,200	0,275	0,275

Расчетные объемы экологически допустимого изъятия стока рек ($W_{\text{эк}}$) определялись для теплого периода года как разность между естественным и экологическим стоком реки (табл. 2).

Таблица 2

Экологически допустимые объемы изъятия стока ($W_{эк}$, м³/с) рек Кулундинской провинции в годы с различной обеспеченностью

Месяц	Способ пропорциональных расходов			Способ сезонных ограничений		
	$W_{эк}$ 95%	$W_{эк}$ 75 %	$W_{эк}$ 50 %	$W_{эк}$ 95 %	$W_{эк}$ 75 %	$W_{эк}$ 50 %
р. Бурла – с. Хабары						
апрель	0,052	0,833	3,093	0,041	2,283	8,430
май	0,008	0,600	2,952	-0,402	1,120	7,960
июнь	0,003	0,238	1,136	0,013	1,069	3,664
июль	0,003	0,064	0,374	0,012	0,199	1,121
август	0,002	0,024	0,110	0,005	0,001	0,244
сентябрь	0,001	0,012	0,116	-0,002	-0,008	0,267
р. Кулунда – с. Шимолино						
апрель	0,001	0,967	3,311	-0,421	1,343	7,548
май	0,145	1,281	6,510	1,019	2,916	18,210
июнь	0,026	0,544	1,752	0,162	2,622	5,742
июль	0	0,151	0,726	0	0,655	2,322
август	0	0,056	0,234	0	0,182	0,682
сентябрь	0	0,004	0,111	0	0,002	0,272
р. Кучук – с. Нижний Кучук						
апрель	0,078	0,465	1,367	0,193	1,317	3,545
май	0,042	0,149	0,272	-0,167	-0,109	-0,185
июнь	0,030	0,102	0,183	0,025	0,235	0,335
июль	0,027	0,096	0,138	0,070	0,205	0,185
август	0,021	0,094	0,165	0,010	0,195	0,275
сентябрь	0,019	0,086	0,137	0,060	0,155	0,180

Анализ таблицы 2 показывает, что среди результатов оценки экологически допустимых объемов изъятия стока на орошение более корректны результаты, полученные на основе способа пропорциональных расходов, которые были затем пересчитаны в м³ в месяц для удобства использования этих результатов в практических целях (табл. 3).

Таблица 3

Экологически допустимые объемы изъятия стока ($W_{эк}$, м³/мес) рек Кулундинской провинции для орошения на основе способа пропорциональных расходов

Месяц	Р. Бурла – с. Хабары			Р. Кулунда – с. Шимолино			Р. Кучук – с. Н. Кучук		
	$W_{эк}$ 95%	$W_{эк}$ 75%	$W_{эк}$ 50%	$W_{эк}$ 95%	$W_{эк}$ 75%	$W_{эк}$ 50%	$W_{эк}$ 95%	$W_{эк}$ 75 %	$W_{эк}$ 50%
апрель	134,8	2159,1	8017,1	2,6	2506,5	8582,1	202,2	1205,3	3543,3
май	21,4	1607,0	7906,6	388,4	3431,0	17436,4	112,5	399,1	728,5
июнь	7,8	616,9	2944,5	67,4	1410,0	4541,2	77,8	264,4	474,3
июль	8,0	171,4	1001,7	0	404,4	1944,5	72,3	257,1	369,6
август	5,4	64,3	294,6	0	150,0	626,7	56,2	251,8	441,9
сентябрь	2,6	31,1	300,7	0	10,4	287,7	49,2	222,9	355,1

Данные наблюдений за стоком р. Суетки имеются только за период с 1951–1964 гг., что недостаточно для расчетов, поэтому экологический сток для р. Суетки определен по предварительным результатам в целом за год и составляет: 0,099 м³/с в год 95 % обеспеченности; 0,224 м³/с в год 75 % обеспеченности и 0,322 м³/с в год 50 % обеспеченности.

Выводы. Анализ полученных результатов показывает, что при оценке экологического стока для малых и средних равнинных рек более целесообразно использование метода пропорциональных расходов, так как объемы стока, полученные на основе использования метода сезонных ограничений, слишком завышены для лет ниже 85–95 % обеспеченности, к тому же имеют отрицательные значения. Способ сезонных ограничений можно использовать только для очень сухих лет (выше 85 % обеспеченности).

Результаты оценки, основанные на способе пропорциональных расходов, показали, что в наиболее засушливые годы (95 % обеспеченности) в р. Бурла наблюдаются очень низкие значения объемов допустимого изъятия стока на орошение. До тех пор, пока не начнет стабильно функционировать Бурлинский магистральный канал, эти объемы целесообразно оставлять в реке для поддержания водного баланса ценных рыбохозяйственных озер, лежащих в ее нижнем течении. В р. Кулунда изъятие стока на орошение возможно только в мае-июне; в июле-сентябре река пересыхает. В р. Кучук наблюдаются, хотя и невысокие, но стабильные значения объемов допустимого изъятия стока, что обусловлено постоянным грунтовым питанием реки.

В засушливые и средние по влажности годы наибольшие объемы допустимого изъятия стока в самые важные для орошения сельхозкультур месяцы (май-июль) наблюдаются в р. Кулунде, а наименьшие – в р. Кучук. В р. Бурле даже в средние годы большую часть стока целесообразно оставлять для пополнения нижележащих рыбохозяйственных озер.

Дополнительно следует обратить внимание на ряд проблем, которые пока осложняют более широкое применение используемых в работе методов: недостаточное количество гидропостов на многих реках, что приводит к невозможности оценки изъятия стока на участках рек, не охваченных гидрологическими наблюдениями; зарегулированность многих рек плотинами; недостаточная точность средне- и долгосрочных метеорологических прогнозов на планируемый оросительный сезон. Тем не менее проведенная нами оценка допустимых изъятий стока рек позволяет оценивать перспективы и целесообразность использования водных ресурсов рек на орошение с учетом колебаний их водности, как по месяцам оросительного периода, так и в зависимости от увлажненности года, что помогает при планировании оросительных мелиораций и способствует сохранению экологического баланса на речных водосборах. Результаты оценки также могут быть использованы для рек-аналогов, на которых нет гидрологических постов.

В дальнейших исследованиях возможно использование методических подходов, создающих основу для оценки условий формирования стока, характеристики пространственного распределения потоков воды и наносов в отдельных звеньях речной сети [9], результатов имитационного моделирования водного баланса озерно-речных систем,

научно обоснованных экологических требований к параметрам стока рек и др. Это, в свою очередь, предопределяет необходимость подготовки и повышения квалификации специалистов, владеющими ГИС-технологиями [5], с целью формирования у них необходимых навыков для применения на практике современных методов эколого-гидрологических оценок.

Список литературы

1. Андреева И.В., Силантьева М.М. Сердце Кулунды // Природа. – 2013. – № 5. – С. 47–54.
2. Винокуров Ю.И., Цимбалей Ю.М. Региональная ландшафтная структура Сибири. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. – 96 с.
3. Долматова Л.А. Особенности химического состава воды рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Мир науки, культуры, образования. – 2011. – № 6 (31). – С. 238–241.
4. Золотов Д. В., Николаева О.П., Черных Д.В. Динамика атмосферного увлажнения западной части Алтайского края как характеристика климатогидрологического фона // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2012. – № 3–1. – С. 119–125.
5. Лайер С.В. Повышение профессиональной подготовки будущих специалистов в процессе изучения компьютерных дисциплин (на материале среднего профессионального образовательного учреждения): дисс. ... канд. педаг. наук. – Барнаул, 2002. – 205 с.
6. Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А. Обоснование водохозяйственных мероприятий в бассейне реки. – М.: МГУП, 2009. – 77 с.
7. Орлова И.В., Онищенко Э.Г. Оценка экологического стока рек Кулундинской провинции для целей орошения // Водные ресурсы и проблемы водопользования: Труды междунар. симпоз. (г. Ховд, 18–21 сентября 2015 г.). – Барнаул, 2015. – С. 138–142.
8. Рыбкина И.Д., Магаева Л.А., Губарев М.С. Ограничения и возможности развития водоснабжения муниципальных образований бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Вода: химия и экология. – 2015. – № 3. – С. 83–90.
9. Скрипко В.В., Платонова С.Г. Пример использования ГИС для анализа структуры речных бассейнов равнинной части Алтайского края // Интеркарто/Интергис 17: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт (материалы междунар. конф., 14–19 декабря 2011 г.). – Белокуриха, 2011. – С. 326–330.
10. Харламова Н.Ф., Бондарович А.А., Козлова Д.С., Плехова А.В. Изменчивость увлажненности территории лесостепной и степной зон Алтайского края за 1982–2013 гг. // География и природопользование Сибири. – 2014. – № 18. – С. 206–215.

Рецензенты:

Парамонов Е.Г., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», г. Барнаул;

Кирста Ю.Б., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», г. Барнаул.