

А.А. Сапарова^{1,2*}, М. Ж. Бурлибаев¹, Ж.С. Мустафаев¹

¹АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Республика Казахстан,
aselek.a.s@mail.ru*, z-mustafa@rambler.ru

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК И ПОПУСК В ФОРМАТЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ

Аннотация

Международно-правовая основа должна обеспечивать справедливый, разумный, экологически устойчивый и обязательный для всех сторон режим водопользования и вододеления. При этом необходимо учитывать потребности самой природы в воде с целью сохранения и умножения биопродуктивности и биоразнообразия. Другими словами, сохранение естественного характера стока реки как природного объекта. Изъятию подлежит лишь экологически допустимый объем водных ресурсов с учетом обязательных потерь стока и экологических требований дельты.

Для сохранения речных экосистем важнейшей задачей становится научное обоснование допустимых объемов изъятия и экологического стока рек. Процесс оценки экологического стока очень сложный, ресурсоемкий и для определения показателей экологического стока в регионе, в конкретной стране и в трансграничных бассейнах, охватывающих несколько стран, является важным подбор методик.

В статье рассмотрены вопросы и сделан обзор определения экологического стока. Выполнен обзор методики нормирования экологического стока. Приведен общий алгоритм расчета для различной обеспеченности стока. Получены значения экологического стока и объем предельно допустимого изъятия речного стока различной обеспеченности для замыкающих створов рек Сырдария, Арыс и Келес.

Ключевые слова: экологический сток, попуски, речная экосистема, допустимое изъятие речного стока, безвозвратное изъятие речного стока, методология, нормирование экологического попуска

Введение

Под воздействием человеческой деятельности и большими водозаборами водных ресурсов происходит деградация большинства речных природных систем, включая поймы и дельты рек. Под влиянием человеческой деятельности изменяется структурная организация речных экосистем, так и функциональные свойства. Для сохранения речной экосистемы надо применять понятие экологического стока.

Первые работы по экологическому стоку были проведены 1940-х годах Службой охраны рыбных ресурсов и диких животных США, где была проанализирована связь между ростом и размножением рыб и речным стоком, тем самым выведено понятие минимального экологического стока реки [1]. В Казахстане впервые нормирование и осуществление природоохранных попусков начали осуществлять с 1963 года на р. Ертис в связи с вводом в эксплуатацию Буктырминской ГЭС. Эти мероприятия были применены не как экологические попуски, а как компенсационные мероприятия по предотвращению ущерба в связи зарегулированием стока р. Ертис Буктырминским водохранилищем [2]. Научное направление и практика экологического стока начали развиваться уже в 80-е годы прошлого столетия. Нормативы экологического стока признаются международным сообществом как один из главных инструментов управления водными ресурсами, особенно трансграничными водами, хотя и нет четкой регламентации по количественным характеристикам этого стока. Во многих странах мира, в особенности в регионах, где дефицит водных ресурсов вынуждает

водопользователей изымать недопустимо большее количество воды для удовлетворения нужд и потребностей, нормативы экологического стока стали важным инструментом в управлении трансграничными водами.

Методы и материалы

В настоящее время в международной терминологии нет общего определения экологического стока. Согласно руководящему документу «Водной Рамочной Директивы» [3], экологический сток – «количество воды, необходимое для того, чтобы водная экосистема продолжала процветать и предоставлять услуги, на которые мы полагаемся». Таким образом, концепция *экологических попусков* подразумевает необходимость оставлять в реках достаточное количество воды на обеспечение экологических, социальных и экономических благ в нижнем течении [4].

Экологические попуски – это жизненно необходимая часть современного управления водой. Данный подход заслуживает повсеместного осуществления. Речным системам необходима вода для поддержания их самих и их функций, а также обеспечения различных видов использования и благ для людей. Отсутствие экологических стока (попусков) ставит под риск само существование экосистем, людей и экономики. Удовлетворение потребностей водопользователей в водных ресурсах за счет экологического попуска не допускается [4, с. 5].

Цель экологического стока – обеспечить режим стока, который достаточен по качеству, количеству и распределен по времени для поддержания устойчивости здорового состояния реки и водных экосистем. Это означает, что экологические интересы не обязательно должны быть единственными или даже первостепенным результатом программ по экологическим попускам. Таким программам необходимо устанавливать баланс между водораспределением для удовлетворения экологических потребностей на воду и потребностей других водопользователей, таких, как гидроэнергетика, орошение, водоснабжение или рекреация и др. [4, с. 6].

Экологический сток – это сток рек, определяемый исключительной потребностью речной экосистемы, имеющий внутригодовое распределение аналогичное внутригодовому распределению стока при естественном гидрологическом режиме водотока [5]. *Попуски* – периодическая или эпизодическая подача воды из водохранилища для регулирования расхода или уровня воды на нижележащем участке водотока или уровня воды в самом водохранилище (статья 57 Водного Кодекса Республики Казахстан от 9 июля 2003 года №481-ІІ).

Следует отметить, что в Водном и Экологическом Кодексах Республики Казахстан определение экологического стока сейчас отсутствует.

Экологический сток и попуски необходимы для поддержания (сохранения) речных экосистем.

Попуски – это периодическая и эпизодическая подача воды из водохранилища (Водный Кодекс Республики Казахстан) на нижележащие участки реки. *Экологический сток* – постоянно поддерживаемое количество воды в реке, которое имеет внутригодовое распределение, аналогичное естественному гидрологическому режиму и предъявляет требования также и к качеству воды.

Согласно концепции *казахстанских исследователей*, прежде всего профессора М.Ж. Бурлибаева экологическое нормирование – это инструмент решения противоречий человека и окружающей среды, способ управления использованием водных ресурсов, сохранения и поддержания видового и ландшафтного разнообразия экосистемы [5 с.17, 6, 7].

Главной причиной установившихся нарушений равновесий во всех речных системах является то, что регулируемый гидрологический режим водотока был подчинен, в первую очередь, интересам отраслей экономики, то есть экономическим критериям.

Экологический критерий к речной системе, гидрологическому режиму включает требования по определению видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны, речного стока по гидрохимическим, гидробиологическим показателям, обеспечению температурного режима, по ежегодному затоплению лугов в дельтовых участках в

определенный период времени, по обеспечению промывок затапливаемых пойменных лугов и дельтовых участков.

При разработке методики нормирования экологического стока авторы включили оба требования:

– *по экологическому критерию* – охрана речных экосистем, включая сохранение видового разнообразия и воспроизводства флоры, фауны, затопление пойменных лугов, влагозарядка почвы, обеспечение гидрохимического, гидробиологического, кислородного, температурного режимов, которые являются приоритетными.

– *по экономическому критерию* – обеспечение водой различных отраслей экономики, в первую очередь сельское хозяйство, гидроэнергетику, водный транспорт и т.д.

Нормативы предельно допустимого объема изъятия речного стока ($W_{ПДВВ}$) и предельно допустимых вредных воздействий ($M_{ПДВВ}$) на водные объекты. Предельно допустимый уровень вредного воздействия ($W_{ПДВВ}$) хозяйственной деятельности на водный объект сформировавшегося экологического состояния, при котором сохраняется структура и нормальное функционирование экосистемы и не причиняется вред здоровью человека ($\text{км}^3/\text{год}$) [7, с. 62].

Предельно допустимая масса химических веществ ($M_{ПДВВ}$), возможная к отведению в водный объект или водохозяйственный участок на расчетный период по каждому химическому веществу (т/год).

$W_{ПДВВ} \text{ р\%}$ - норматив предельно допустимого изъятия речного стока для расчетной обеспеченности (%) из водного объекта, вычисляется по формулам (1, 2) [7 с. 62]:

$$W_{ПДВВ \text{ р\%}} = W_{\text{ЕСТ р\%}} - W_{\text{Э.С. р\%}}; \quad (1)$$

$$W_{\text{Э.С. р\%}} = \alpha * W_{\text{ЕСТ р\%}}, \quad (2)$$

Норматив $M_{ПДВВ}$ на водный объект рассчитывается по формулам (3):

$$M_{ПДВВ} = [\text{СКВ}_I^Y * (Q_{\text{рек}} - Q_{\text{заб}} + q_{\text{ст}}) - (Q_{\text{рек}} * C_{\text{факт}})] * 0,031, \quad (3)$$

$M_{ПДВВ}$ - предельно допустимая масса химических веществ к отведению в водный объект или водохозяйственный участок на расчетный период, т/год ;

СКВ – числовые значения стандарта качества вод по i -ому загрязняющему веществу в соответствии с Единой системой классификации качества вод в водных объектах классификацией, г/м^3 ;

$Q_{\text{рек}}$ – среднесовременный годовой естественный сток реки в расчетном створе, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{заб}}$ – объемы забора воды из реки водопользователями по Разрешениям, $\text{м}^3/\text{с}$;

$q_{\text{ст}}$ – суммарный расход сточных вод, поступающих в реку в пределах расчетного водохозяйственного участка, $\text{м}^3/\text{с}$;

$C_{\text{факт}}$ – фактическая концентрация ЗВ в расчетном створе водного объекта на момент оценки, г/м^3 ;

0,031 – переводной коэффициент из г/сек в т/год (безразмерная величина).

Казахстанскими учеными и практиками под «экологическим стоком» понимается «сток рек, определяемый исключительной потребностью речной экосистемы, имеющий внутригодовое распределение, аналогичное внутригодовому распределению стока при естественном гидрологическом режиме» [5 с. 16, 6 с. 67, 7 с. 53]. При этом экологический сток не может быть постоянной величиной как внутри года, так и из года в год. Количественная характеристика экологического стока рек зависит от водности реального гидрологического года. Экологический сток предъявляет требования и к качественному составу речного стока, в т.ч. к химическому составу взвешенных веществ.

Из-за зависящих от естественного гидрологического и гидрохимического режимов большого количества взаимосвязанных факторов невозможно выделить роль каждого фактора в речной экосистеме в отдельности. Динамика речной экосистемы оказывается результатом совокупного воздействия всех факторов. И, как следствие, исследования, базирующиеся на поиске экологических закономерностей, сталкиваются с необходимостью одновременного учета большого количества процессов различной природы.

Проблема экологического нормирования водного режима речного стока актуальна, т.к. антропогенные воздействия на воды речного стока продолжаются. Экологическое нормирование рассматривается как инструмент решения противоречий человека и окружающей среды, способ управления использованием водных ресурсов с целью недопущения утраты и рационального использования многочисленных ресурсов пойм (водных, рыбных, пастбищных, сенокосных, рекреационных и др.), сохранения и поддержания видового (генетического), экосистемного и ландшафтного разнообразия.

Одним из приоритетных направлений рационального использования водных ресурсов является совершенствование действующих и развитие новых принципов и методов оценки состояния водных объектов и экологического нормирования всех видов антропогенных воздействий с целью сохранения продуктивной природной среды [8].

Естественный количественный состав и структура речных экосистем взаимосвязаны с естественной межгодовой и внутригодовой гидрологической изменчивостью, поскольку формируют основные экологические условия как для флоры, так и для фауны. Режим речного стока поддерживает экологическую целостность речных экосистем, а также косвенно определяет качество воды. Антропогенная деятельность на водосборной площади, в т.ч. регулирование речного стока, приводит к количественному истощению водных ресурсов, экологической деградации речной экосистемы и потере биологического разнообразия [8, с. 243].

В дефицитных по воде бассейнах рек дальнейшее развитие водного хозяйства и соответственно развитие отраслей экономики, требуют согласования возможностей наличных водных ресурсов с потребностями на них. Таким образом, требуется согласование возможности отбора воды из окружающей среды определенного количества природных, в т.ч. и водных, ресурсов с самовосстанавливающей способностью окружающей среды (<https://mysl.kazgazeta.kz/news/3239>).

В статье 34 Водного Кодекса Республики Казахстан основными принципами в области использования водного фонда является устойчивое водопользование – сочетание бережного, рационального и комплексного использования и охраны вод. Для Казахстана водные ресурсы являются одним из главных факторов, определяющих устойчивое социально-экономическое развитие.

В практике водного хозяйства используются разные способы определения величины экологического стока. Всех их можно объединить в четыре группы.

Способ минимальных расходов. Величина экологического стока принимается на уровне минимального месячного расхода для года 95 %-ой обеспеченности [9]. В работе [10] объем экологического стока принимается в диапазоне от Q_{\min} , который зависит от коэффициента вариации годового стока реки, до $Q_{\text{доп}} = 0,3Q_{\text{ср.год}}$:

C_v	$< 0,25$	$0,25-0,40$	$> 0,40$
Q_{\min}	$Q_{\min.\text{мес.}}$	$Q_{\min.\text{межень}}$	$Q_{\min.\text{год}}$

Б.П. Ткачев и В.И. Буланов предлагают учитывать класс реки [11]:

Класс реки	Ручьи	Малые реки	Средние реки
$Q_{\text{эк}}$	$0,03 \cdot Q_{\min.\text{сут}}$	$0,2 \cdot Q_{\min.\text{сут}}$	$0,75 \cdot Q_{\min.\text{мес}}^{95\%}$

В работе [10 с. 47] величину экологического стока устанавливают по соотношению: 1 л/с на 1 км² водосборной площади. Однако, данный метод не отвечает всем требованиям, предъявляемым к экологическому стоку [5 с. 21, 10 с. 47]. Так, например, если взять минимальный меженный расход воды в остро засушливый год, то для малых рек Центральной Азии он составляет примерно $Q_{\min} = 0,3-1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и проходит при скоростях 0,3-0,4 м/с [5 с. 21]. Учитывая, что время возобновления воды в реках в среднем изменяется в пределах 10-16 сут. [5 с. 21, 12], получим, что годовой сток реки при Q_{\min} соответствует стоку 97-90 %-ой обеспеченности при коэффициентах вариации, соответственно $C_v = 0,1-1$ ($C_s = 2C_v$). Это уже на уровне предлагаемой величины «экологического стока» или больше него. Кроме того, не учитываются пойменные условия и руслообразовательные процессы, что обеспечивается заданием переменной по годам величины экологического стока [5 с. 21].

Способ натурных исследований. В этом случае необходимо проводить исследования на реальном объекте или его модели: физической или математической. Данный способ рекомендуется для наиболее ответственных и важных участков крупных и средних рек. В этом случае получаются хорошие результаты, но, очевидно, в инженерной практике данный способ широкого распространения не получит из-за трудоемкости и деятельности расчетов [5 с. 21, 11 с. 47].

Способ повышения обеспеченности, предлагаемый исследователями [5 с. 21, 10 с. 47, 13], подразумевает выделение нижнего и верхнего пределов изменения стока, практически встречающегося на реальной реке.

Устанавливается нижний предел экологически допустимого стока на уровне месячных расходов для года 99 %-ой обеспеченности. Например, уже для года 95 %-ой обеспеченности на большинстве рек нашей страны не отмечается затопление пойм во время половодий и паводков. В зимний период времени концентрация растворенного в воде кислорода снижается до 3 мг/л (ПДК) и меньше. Верхний предел устанавливается на уровне расходов для года 50 %-ой обеспеченности как стока, достаточного для создания нормальных условий существования биоты в системе река – пойма. [5 с. 22, 10 с. 48].

Последовательность построения кривой обеспеченности экологического стока следующая. Определяется нижнее значение диапазона величины экологического стока для года 95 %-ой обеспеченности, которое принимается равным стоку для года 99 %-ой обеспеченности: $Q_{\text{ЭК}}^{95} = Q^{99}$. Определяется верхнее значение диапазона экологического стока для года 25 %-ой обеспеченности, которое принимается равным стоку в год 50 %-ой обеспеченности: $Q_{\text{ЭК}}^{25} = Q^{50}$. Далее по данным координатам строят кривую обеспеченности величины экологического стока, используя логнормальный закон распределения [5 с. 22, 11 с. 48].

Простой способ определения экологического стока в соответствии с вышеизложенной схемой предложен автором [5 с. 23, 14].

$$\begin{aligned} Q_{\text{ЭК}}^{75} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{95}; \\ Q_{\text{ЭК}}^{50} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{75}; \\ Q_{\text{ЭК}}^{95} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{97-99}. \end{aligned}$$

Внутригодовое распределение объемов экологического стока предлагается брать пропорционально естественному гидрографу соответствующего года.

Достоинствами данного метода являются:

- благоприятные условия для водопользования, т.к. даже остро засушливый год оставляет возможность изъятия части объема речной воды;
- учитывается значимость заливным пойм для речной системы;
- учитывается требование изменчивости величины экологического стока по годам и внутри года.

Данный метод направлен, в первую очередь, на определение пределов изменения значений экологического стока больших рек. Предлагаемое внутригодовое распределение экологического стока подходит для незарегулированных рек [5 с. 24].

Способ пропорциональных расходов. По данному способу [5 с. 24, 10 с. 48] величины экологически допустимого стока определяется как доля от всего речного стока (Q_i):

$$Q_{\text{эк } i} = K_i * Q_i, \quad (4)$$

где i – период года; K – эмпирический коэффициент, определяемый с помощью специальных натурных и лабораторных исследований.

Необходимость дополнительных исследований и является главным недостатком данного метода. Однако этот недостаток устраняется, если проведено районирование территории по типизации водных объектов [5 с. 24].

Данные методы позволяют определить величину экологического стока примерно в одних и тех же пределах. Например, минимально допустимое значение для острозасушливого года попадает в диапазон от $Q_{\text{мин.мес}}^{99}$ до $Q_{\text{мин.мес}}^{95}$. В зависимости от коэффициента вариации значения данного диапазона отличаются друг от друга на 34-80 % (при $C_s = 2C_v$) [5 с. 24].

В постсоветском пространстве использовался и используется единственный документ по регламентации данного вопроса – СНиП 2.06.15-85 (СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления». – Москва, 1988. – 24 с.). В этом документе определено, что обеспеченность среднемесячных расходов воды в поверхностном водоисточнике должна зависеть от категории водоснабжения. Данная формулировка никого, тем более водохозяйственников, ни к чему не обязывает по ограничению изъятия речного стока. В нем также нет четкого определения по допустимости того или иного снижения расхода воды в маловодный период [5 с. 24].

Методологические основы расчета «экологического стока» резервируемого ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов в соответствии с требованиями охраны природы впервые приводились в работах Б.В. Фащевского [14 с. 10]. Он утверждает, что необходимо охватить взаимосвязь компонентов живой и неживой природы для научного обоснования допустимой степени регулирования и изъятия водных ресурсов, т.е. динамику гидрологического режима, урожайности пойменных лугов, рыбных запасов и т.д. На контрольных створах и участках основных водоисточников во всех фазах водного режима (половодье, паводок, межень) необходимо вести наблюдения за млекопитающими, бактериями, высшей водной и околотоводной растительностью и т.д., а также за сроками вегетации различных видов растительности, нереста рыб, размножения млекопитающих и других видов [5 с. 25].

По мнению Б.В. Фащевского [14 с.11], минимальный остаточный сток рек не может быть меньше стока 99 %-ой обеспеченности. Соглашаясь с мнением этого автора, хотелось бы подчеркнуть, что это предложение может относиться только к маловодному году, тогда как ежегодный экологический сток необходимо определять исходя из водности реального гидрологического года, т.е. из года в год данный сток не может быть постоянной величиной. Предлагаемый им вариант разработки экологического стока в виде гидрографа внутригодового распределения стока нами приветствуется.

Следует отметить, что для водохозяйственных целей предлагаемый метод получения гидрографа должен иметь инженерный характер, иметь расчетные формулы и номограммы экологического стока. К сожалению, автор проигнорировал это обстоятельство.

Суждения о потребных экологических попусках для улучшения условий функционирования сложившихся экосистем носят субъективный, качественный характер, что обусловлено сложностью зависимостей объема и режима попуска от экологического эффекта. При этом важность назначения объема, режима, сроков осуществления экологического попуска трудно переоценить: занижение объема может привести к деградации водной экосистемы, а завышение грозит существенным материальным ущербом.

В этом направлении большую работу выполнили:

– И.П. Айдаров и др. [15], которые приняли принципиальное определение: «обеспеченность экологического попуска определяется на основе приспособляемости

экосистемы с учетом экстремальных условий существования, характерных для естественного режима водотока».

– По мнению авторов – В.С. Ковалевского и Д.Я. Ратковича [16] – «экологический попуск воды должен обеспечить биологическую потребность среды обитания биоценозов».

– По данным А.В. Яцыка [17] «сохранение речных систем как объекта живой природы или элемента ландшафта должен учитывать следующие факторы: сохранение в речном потоке «гидродинамического равновесия», обеспечивающего способность потока и процесс руслообразования; сохранение благоприятного водного режима, обеспечивающего биологическую продуктивность водных экосистем и способность самоочищения реки».

К большому сожалению, ныне действующие санитарные попуски или минимально необходимые расходы воды во всех речных экосистемах Республики Казахстан, привели к нарушению биоразнообразия, снижению биопродуктивности в затопляемых пойменных лугах и пойменных участках, продуктивности промысловых рыб и водных животных, деградации эндомичных и реликтовых видов флоры и фауны, потере самоочищающей способности, ухудшению качества воды и т.д. Современные санитарные попуски ниже крупных водохранилищ и гидроузлов научно не обоснованы. При этом они ни по объемам, ни по времени не удовлетворяют потребностей экосистемы. Мало того, эти попуски не могут обеспечить даже разбавления поступающих в реку загрязняющих веществ [5 с. 28].

Результатами исследований [5 с. 29, 13 с. 18, 19] установлено, что при разработке норм предельно допустимого изъятия (ПДИ), экологического стока (ЭС), экологического попуска (ЭП) в качестве основных параметров используются:

- расход, сток и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной обеспеченности;
- сроки весеннего половодья и паводков;
- площадь затопления пойм и дельты;
- характеристики водного режима русловых и пойменных нерестилищ (температура, скорости течения и т.д.);
- уровненный режим, соленость вод, площади нагула молоди и взрослых особей рыб и т.д.;
- видовой состав, численность и биомасса планктонных и донных организмов, запасы и уловы промысловых рыб, характеристика численности молоди разных особей.

Следует отметить, что в связи со специфическими условиями различных регионов параметры для установления, экологического стока могут изменяться и дополняться.

При учете качества загрязнения водного объекта, с учетом действующего законодательства, качество воды должно отвечать нормативным требованиям. Этот фактор на современном уровне учитывается в виде санитарного попуска, обеспечивающего нормативные концентрации загрязняющих веществ в заданном створе. Если требования для поддержания нормативного качества воды оказываются жестче, чем требования к объему ЭС и ЭП, последние принимают в соответствии с требованиями, обеспечивающими нормативное качество.

Результаты и обсуждение

В данной работе приведен общий алгоритм расчета по нормированию экологического попуска, допустимого безвозвратного изъятия речного стока, разработанный Российскими исследователями под руководством доктора географических наук – Дубининой В.Г. [13 с. 24, 19 с. 87].

Определяется исторически минимальный объем стока ($W_{ист}$), в качестве которого принимается восстановленный минимальный сток в год 99 % обеспеченности.

Среднегодовое допустимое безвозвратное изъятие $W_{дискр}$ определяется по формуле:

$$W_{дискр} = W_{кр} - W_{ист}, \quad (5)$$

Допустимое безвозвратное изъятие речного стока в годы различной обеспеченности ($W_{\text{дир}}$) определяется по формуле:

$$W_{\text{дир}} = W_{\text{дирср}} \cdot \frac{W_p}{W_{\text{ср}}}, \quad (6)$$

где W_p – естественный (восстановленный) сток в годы различной обеспеченности;

$W_{\text{ср}}$ – среднееголетний естественный (восстановленный) сток.

Расчет величины допустимого безвозвратного изъятия речного стока в бассейне реки к замыкающим створам водохозяйственных участков по стволу реки выполняется с учетом установленной величины $W_{\text{дирср}}$ и $W_{\text{дир}}$ в целом для бассейна и коэффициентов пропорциональности $K^i = W^i / W^{\text{зам}}$, где W^i – сток в i -ом водохозяйственном створе по стволу реки; $W^{\text{зам}}$ – сток в замыкающем створе бассейна реки.

$$W_{\text{дир}}^i = W_{\text{дир}} \cdot K^i, \quad (7)$$

При установлении лимитов и квот забора водных ресурсов следует ориентироваться на среднееголетний объем допустимого безвозвратного изъятия речного стока $W_{\text{дирср}}$ и $W_{\text{дир}}^i$. В многоводные и маловодные годы установленные величины лимитов и квот могут корректироваться в пределах нормы допустимого безвозвратного изъятия стока $W_{\text{дир}}$, определяемой по формулам (2, 3).

Исходя из установленной нормы $W_{\text{дир}}$, рассчитывается экологический сток ($W_{\text{эср}}$) и экологический попуск ($W_{\text{эпр}}$) для лет различной водности.

В общем случае:

$$W_{\text{эср}} = W_{\text{эпр}} = W_p - W_{\text{дир}}. \quad (8)$$

Расчет экологического попуска ($W_{\text{эпр}}$) в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка ниже плотины водохранилища при наличии боковой приточности осуществляется в следующем порядке:

- по формуле (4) определяется величина экологического стока;
- с учетом рыбохозяйственного, руслоформирующего, санитарного, навигационного, энергетического и других видов попусков, а также боковой приточности на участке формируется экологический попуск ($W_{\text{эпр}}$), осуществляемый из водохранилища и обеспечивающий соблюдение ($W_{\text{эср}}$).

Внутригодовое распределение $W_{\text{дир}}$, $W_{\text{эср}}$, $W_{\text{эпр}}$ для лет различной обеспеченности по стоку определяется в соответствии с гидрографом условно-естественного (восстановленного) стока. Если в отдельные периоды межени расчетное безвозвратное изъятие стока приводит к регулярному снижению скоростей течения до значений менее 0,2 м/с, величина $W_{\text{дир}}$ должна быть снижена, и расчет повторен до достижения приемлемых скоростей течения в межень. Для пересыхающих и перемерзающих рек корректировка по скорости течения не обязательна.

В тех случаях, когда на каких-либо водохозяйственных участках в отдельные интервалы времени расчетная величина санитарной приточности превышает экологический сток, в качестве последнего принимается санитарный расход.

При определении $W_{\text{ди}}$, $W_{\text{эс}}$, $W_{\text{эп}}$ ключевой является задача определения критических объемов (расходов) воды, методы определения которых подразделяются на две основные группы [13 с. 20]:

- методы, основанные на связи биологических и гидрологических характеристик состояния экосистем;
- методы критических гидроэкологических параметров, основанные на использовании косвенных (в том числе абиотических) характеристиках состояния экосистем.

Экологический сток ($W_{\text{эс}}$) – сток на незарегулированных участках реки при допустимом безвозвратном изъятии речного стока, обеспечивающий условия устойчивого и безопасного функционирования водных экосистем [13 с. 12, 17 с. 18, 19 с. 82, 85].

Экологический попуск ($W_{\text{эп}}$) – попуск из водохранилища, обеспечивающий условия устойчивого и безопасного функционирования водных экосистем на участке реки ниже

водохранилища. Экологический попуск формируется с учетом: рыбохозяйственного, руслоформирующего, санитарного, а также других видов попусков (расходов), обеспечивающих устойчивое и безопасное функционирование водных и околосводных экосистем [13 с. 13, 18 с. 21, 19 с. 95].

Безвозвратное изъятие речного стока – уменьшение естественного стока реки в результате различных видов антропогенного воздействия на водные ресурсы (водозабор, создание водохранилищ и прудов, переброска стока в другие бассейны рек, агролесомелиорация и др.) [13 с. 15].

Допустимое изъятие речного стока ($W_{\text{ди}}$) – максимальный объем воды, безвозвратно изымаемый из реки, при котором сохраняются условия устойчивого и безопасного функционирования водных и околосводных экосистем [13 с. 16].

Экологические критерии для разработки нормативов экологических попусков ($W_{\text{эп}}$) [18 с. 19]:

- условия естественного воспроизводства водных биологических ресурсов и пойменной растительности;
- уровень биологической продуктивности экосистем;
- структура сообщества рыб, в т.ч. соотношение ценных и малоценных видов рыб, темпы их роста;
- видовое разнообразие организмов, смена сообществ животных и растений;
- состояние русла реки и поймы, процессы дельтообразования и др.

Расчетные параметры, необходимые для расчета $W_{\text{эп}}$ расход, сток, скорость течения и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной водности;

- сроки весеннего половодья и паводков;
- площадь затопления поймы и дельты;
- характеристики водного режима русловых и пойменных нерестилищ: скорость течения, глубина, температура воды и др.;
- уровенный режим, соленость воды, площадь нагула молоди и взрослых особей рыб и др. показатели для замыкающих водных объектов;
- видовой состав, численность и биомасса планктонных и донных организмов, динамика численности популяций рыб, характеристики численности молоди конкретного года рождения, промысловый возврат, запасы массовых и ценных видов рыб.

где $W_{\text{пдвв}} \text{ р\%}$ - объем предельно допустимого изъятия речного стока для расчетной обеспеченности, км³/год.

$W_{\text{ест}} \text{ р\%}$ - объем естественного годового стока для расчетной обеспеченности, км³/год.

$W_{\text{э.с.}} \text{ р\%}$ - расчетно-установленная значение объема годового экологического стока для расчетной обеспеченности, км³/год.

α – коэффициент перехода от норм естественного годового стока к норме экологического стока расчетной обеспеченности.

Пример установления норматива предельно допустимого изъятия речного стока для расчетной обеспеченности ($W_{\text{пдвв}} \text{ р\%}$) для р. Арыс в створе с. Шаульдыр. Строим кривую обеспеченностей средних годовых расходов воды в расчетном створе и снимаем средний годовой расход воды для обеспеченности 75 % в расчетном створе, который составляет $Q = 33,9 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует $W = 0,69 \text{ км}^3/\text{год}$.

Далее с помощью значения углового коэффициента « α » (таблица 1) для обеспеченности 75 % и формулы (2) находим объем экологического стока для обеспеченности 75 %, который соответствует значению $W_{\text{э.с.}} \text{ р\%} = 1,07 \text{ км}^3$.

Таблица 1 – Статистические параметры «а» для определения экологического стока основных рек

Река-створ	Обеспеченность, %			
	25	50	75	95
Сырдария – г. Казалы	0,62	0,63	0,64	0,65
Арыс – с. Шаульдер	0,62	0,63	0,64	0,65
Келес - устье	0,63	0,63	0,65	0,63

Таблица 2 – Объем экологического и свободного речного стока исследуемых рек Арало-Сырдарьинского бассейна по условиям природоохраны

Река - створ	Ед. изм	Естественный сток				Допустимый объемы изъятия вод				Экологический сток			
		25%	50%	75%	95%	25%	50%	75%	95%	25%	50%	75%	95%
Сырдария – п. Казалы	км³	22,0	18,3	16,1	14,2	8,33	6,78	5,75	5,01	13,7	11,5	10,3	22,0
Арыс – с. Шауильдир	км³	1,80	1,47	1,25	1,07	0,68	0,54	0,45	0,37	1,12	0,92	0,80	1,80
Келес - устье	км³	0,56	0,43	0,35	0,29	0,21	0,16	0,12	0,11	0,35	0,27	0,23	0,56

Значение коэффициента перехода «а» от нормы естественного годового стока к норме экологического стока расчетной обеспеченности (по формуле 2).

Далее по формуле (1) устанавливаем объем предельно допустимого изъятия речного стока для р. Арыс в створе с. Шауильдир для обеспеченности 75%, который составляет

$$W_{\text{ПДВВ } P\%} = W_{\text{ест. } P\%} - W_{\text{э.с. } P\%} = 1,07 \text{ км}^3/\text{год} - 0,80 \text{ км}^3/\text{год} = 0,37 \text{ км}^3/\text{год}$$

Таким образом, объем изъятия речного стока из р. Арыс в створе с. Шауильдир при обеспеченности 75% для целей специального водопользования разными отраслями экономики РК, не должен превышать объем $W_{\text{ПДВВ } P\%} = 0,37 \text{ км}^3/\text{год}$.

По вышеперечисленному методу были получены значения экологического стока и объем предельно допустимого изъятия речного стока различной обеспеченности для замыкающих створов рек Сырдария, Арыс и Келес.

Выводы

Попуски на санитарно-экологические нужды должны обеспечить режим стока, который достаточен по качеству, количеству и распределен по времени для поддержания устойчивости здорового состояния реки и других водных экосистем [5 с. 6]. В этой связи представляется, что осуществление подачи воды для «санитарно-экологических нужд, включая нужды Аральского моря», должно быть, зафиксировано, также, как и все другие попуски, в режиме работы каскадов и всей реки для лет различной водности и различных режимов. Таким образом, речь идет о необходимости совместной разработки механизма, который бы позволил планирование работы всех водохранилищ бассейна с тем, чтобы обеспечить такой режим водопользования, который бы обеспечил минимальный урон экосистемам.

Поскольку проблема загрязнения вод трансграничных водотоков приобретает все большую актуальность, возникает необходимость детальной проработки вопросы качества вод.

Отсюда, следует, что для нормального функционирования экосистемы дельты р. Сырдария необходимо сделать:

- пересмотр «Правил эксплуатации всех ГЭС в бассейне» для обеспечения всех требований экосистем к гидрологическому режиму рек;
- разработать научно обоснованные нормы себестоимости воды стока в бассейне р. Сырдария с включением всех ущербов, наносимых экосистеме, в стоимость воды;
- разработать и принять научно обоснованные нормы экологического стока р. Сырдария;
- пересмотреть «мертвых объемов» всех водохранилищ для полноценного обеспечения водой дельты р. Сырдария.

Список литературы

1. Jiao, Y.; Liu, J.; Li, C.; Xu, Z.; Cui, Y. Refined Calculation of Multi-Objective Ecological Flow in Rivers, North China. *Water* 2023, 15, 1003. <https://doi.org/10.3390/w15051003>. www.scopus.com
2. Вагапова А.Р. Оценка допустимых объемов изъятия стока из рек аридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2010. №2 – С. 48-54
3. European Commission 2015 Ecological Flows in the Implementation of the WFD. CIS guidance document No 31, Technical Report. 2015-086, Brussels, Belgium
4. Экологические попуски. Публикации Тренингового центра МКВК. Выпуск 1, Ташкент 2003. – 76 с. http://cawater-info.net/library/rus/01_eco.pdf
5. Бурлибаев М.Ж., Фащевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М., Кайдарова Р.К., Вагапов А.Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы: Издательство «Қағанат», 2014. – 408 с.
6. Б.В. Фащевский, М.Ж. Бурлибаев, К. Опп, Д.М. Бурлибаева О концепции научного обоснования методики нормирования экологического стока и потенциально-свободного стока рек Казахстана // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2012. №4 – С. 66-100.
7. Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Концептуальные основы нормирования экологического и свободного стока рек Казахстана // Водное хозяйство России. 2020. № 5. С. 52–73.
8. Арыстанова А., Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С. Особенности формирования гидрохимического режима водосбора реки Жайык // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. № 4 (76) 2017. С. 243-252 ISSN 2304-334-02 https://izdenister.kaznau.kz/files/full/2017_4.pdf
9. Владимиров А.М., Имамов Ф.А. Принцип оценки экологического стока рек. Вопросы экологии и гидрологические расчеты. Санкт-П. 1994. – Вып. 116. – С. 4-7.
10. А.А. Вольчек, О.П. Мешик, Н.Н. Шешко Способы оценки величины экологического стока на примере р. Ясельда // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов: материалы первого международного экологического форума в Рязани, Рязань, 11–13 мая 2017 г. : в 2 т. / под ред.: Е. С. Иванова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГТУ, 2017. – Т. 1. – С. 44–59.
11. Б.П. Ткачев, В.И. Буланов Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
12. Маркин, В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // В.Н. Маркин // Оценка экологически допустимого воздействия на малые реки [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/DopVozd.htm>.]
13. Региональный отчет «Распределение трансграничных водных ресурсов. Экологический сток – основа сохранения водных экосистем (Российская Федерация)». Отчет по договору на оказание услуг №70/19 – КАРЕ. Москва, 2020 г. – 37 с.
14. Фащевский Б.В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока / Б. В. Фащевский. - Минск: БелНИИНТИ, 1989. - 51 с.
15. Айдаров И.П., Венецианов Е.В., Раткович Д.Я. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов // Водные ресурсы. - 2002. - Том 29, №2,- С. 240-252.
16. Ковалевский В.С., Раткович Д.Я. Об экологически допустимых изъятиях речных вод // Водные ресурсы. Январь – февраль. – 2003. — № 1. Том 30. – Наука. С. 117 – 125.
17. Яцик А.В. Экологические основы рационального водопользования. –К.: Издательство Генеза. – 1997. – 640 с.
18. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Никитина О.И., Чебанов М.С. Актуализация методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока для сохранения водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 2. С. 16-26. DOI: 10.35567/19994508_2022_2_2.

19. В.Г. Дубинина, О.И. Никитина, М.Л. Марков Методические подходы к определению объемов допустимого безвозвратного изъятия стока из слабоизученных, неизученных и малых рек // Водное хозяйство России. 2015. № 4. С. 80–97.

References

1. Jiao, Y.; Liu, J.; Li, C.; Xu, Z.; Cui, Y. Refined Calculation of Multi-Objective Ecological Flow in Rivers, North China. *Water* 2023, 15, 1003. <https://doi.org/10.3390/w15051003>. www.scopus.com
2. Vagapova A.R. Otsenka dopustimyykh ob'emov iz'yatiya stoka iz rek aridnoy zony Kazakhstana // *Gidrometeorologiya i ekhologiya*. – Almaty, 2010. №2 – S. 48-54
3. European Commission 2015 Ecological Flows in the Implementation of the WFD. CIS guidance document No 31, Technical Report. 2015-086, Brussels, Belgium
4. EHkologicheskie popuski. Publikatsii Treningovogo tsentra MKVK. Vypusk 1, Tashkent 2003. – 76 s. http://cawater-info.net/library/rus/01_eco.pdf
5. Burlibaev M.ZH., Fashhevskij B.V., Opp K., Burlibaeva D.M., Kajdarova R.K., Vagapov A.R. Nauchnye osnovy normirovaniya ehkologicheskogo stoka rek Kazakhstana. – Almaty: Izdatel'stvo «Kafanat», 2014. – 408 s.
6. B.V. Fashhevskij, M.ZH. Burlibaev, K. Opp, D.M. Burlibaeva O kontseptsii nauchnogo obosnovaniya metodiki normirovaniya ehkologicheskogo stoka i potentsial'no-svobodnogo stoka rek Kazakhstana // *Gidrometeorologiya i ekhologiya*. – Almaty, 2012. №4 – S. 66-100.
7. Burlibaev M.ZH., Burlibaeva D.M. Kontseptual'nye osnovy normirovaniya ehkologicheskogo i svobodnogo stoka rek Kazakhstana // *Vodnoe khozyajstvo Rossii*. 2020. № 5. S. 52–73.
8. Arystanova A., Kozykeeva A.T., Mustafaev ZH.S. Osobennosti formirovaniya gidrokhimicheskogo rezhima vodosbora reki ZHajyk // *Izdenister, nәtizheler – Issledovaniya, rezul'taty*. № 4 (76) 2017. S. 243-252 ISSN 2304-334-02 https://izdenister.kaznau.kz/files/full/2017_4.pdf
9. Vladimirov A.M., Imamov F.A. Printsip otsenki ehkologicheskogo stoka rek. Voprosy ehkologii i gidrologicheskie raschety. Sankt-P. 1994. – Vyp. 116. – S. 4-7.
10. A.A. Vol'chek, O.P. Meshik, N.N. SHeshko Sposoby otsenki velichiny ehkologicheskogo stoka na primere r. YAsel'da // *Zdorovaya okruzhayushhaya sreda – osnova bezopasnosti regionov: materialy pervogo mezhdunarodnogo ehkologicheskogo foruma v Ryazani, Ryazan', 11–13 maya 2017 g.: v 2 t. / pod red.: E. S. Ivanova*. – Ryazan': FGBOU VO RGATU, 2017. – T. 1. – C. 44–59.
11. B.P. Tkachev, V.I. Bulanov Malye reki: sovremennoe sostoyanie i ehkologicheskie problemy. – Novosibirsk, 2002. – 114 s.
12. Markin, V.N. Opredelenie ehkologicheskoi dopustimogo vozdejstviya na malye reki // V.N. Markin // *Otsenka ehkologicheskoi dopustimogo vozdejstviya na malye reki [EHlektronnyj resurs]*. – 2005. – Rezhim dostupa: <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/DopVozd.htm>.]
13. Regional'nyj otchet «Raspredelenie transgranichnykh vodnykh resursov. EHkologicheskij stok – osnova sokhraneniya vodnykh ehkosistem (Rossijskaya Federatsiya)». Otchet po dogovoru na okazanie uslug №70/19 – KAPE. Moskva, 2020 g. – 37 s.
14. Fashhevskij B.V. EHkologicheskoe obosnovanie dopustimoy stepeni regulirovaniya rechnogo stoka. Minsk, 1989.
15. Ajdarov I.P., Venetsianov E.V., Ratkovich D.YA. K probleme ehkologicheskogo vozrozhdeniya rechnykh bassejnov // *Vodnye resursy*. - 2002. - Tom 29, №2,- S. 240-252.
16. Kovalevskij V.S., Ratkovich D.YA. Ob ehkologicheskoi dopustimyykh iz'yatiyakh rechnykh vod // *Vodnye resursy. YAnvar' – fevral'*. – 2003. — № 1. Tom 30. – Nauka. S. 117 – 125.
17. YAtsik A.V. EHkologicheskie osnovy ratsional'nogo vodopol'zovaniya. –K.: Izdatel'stvo Geneza. – 1997. – 640 s.
18. Dubinina V.G., Kosolapov A.E., Koronkevich N.I., Nikitina O.I., CHEbanov M.S. Aktualizatsiya metodicheskikh ukazaniy po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ehkologicheskogo stoka dlya sokhraneniya vodnykh ehkosistem //

Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2022. № 2. S. 16-26. DOI: 10.35567/19994508_2022_2_2.

19. Dubinina, O.I. Nikitina, M.L. Markov Metodicheskie podkhody k opredeleniyu ob'emov dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya stoka iz slaboizuchennykh, neizuchennykh i malykh rek // Vodnoe khozyajstvo Rossii. 2015. № 4. S. 80–97.

А.А. Сапарова^{1,2*}, М.Ж. Бурлибаев¹, Ж.С. Мұстафаев¹

¹ «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы, aselek.a.s@mail.ru*, z-mustafa@rambler.ru

² Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы

ҰЛТТЫҚ БАҒАЛАУ ФОРМАТЫНДАҒЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АҒЫНДЫ МЕН СУЖІБЕРУЛЕР

Аңдатпа

Халықаралық-құқықтық негіз барлық тараптар үшін әділ, ақылға қонымды, экологиялық тұрақты және міндетті су пайдалану мен су бөлудің режимін қамтамасыз етуге тиіс. Биоөнімділік пен биоәртүрлілікті сақтау және көбейту үшін табиғаттың өзінің суға деген қажеттіліктерін ескеру қажет. Басқаша айтқанда, табиғи нысан ретінде өзен ағындысының табиғи сипатын сақтау. Ағындының міндетті шығындары мен өзен атырауының экологиялық талаптарын ескере отырып, су ресурстарының экологиялық рұқсат етілген көлемін ғана алынуға болады.

Өзен экожүйелерін сақтау үшін өзендерден рұқсат етілген су алу көлемін және экологиялық ағындыны ғылыми негіздеу маңызды міндет болып табылады. Экологиялық ағынды бағалау процесі өте күрделі, ресурстарды көп қажет етеді және аймақтағы, белгілі бір елдегі және бірнеше елдерді қамтитын трансшекаралық алаптардағы экологиялық ағындыны анықтау үшін әдістерді таңдау маңызды.

Мақалада экологиялық ағынды мәселелері және анықтамасына шолу қарастырылған. Экологиялық ағынды нормалау әдістемесіне шолу жасалды. Ағындының түрлі қамтамасыздықтары үшін жалпы есептеу алгоритмі берілген. Сырдария, Арыс және Келес өзендерінің тұйықтаушы тұстамалары үшін экологиялық ағынды және өзен ағындысының шекті рұқсат етілетін алыну көлемінің түрлі қамтамасыздықтағы мәндері алынды.

Кілт сөздер: экологиялық ағынды, сужіберу, өзен жүйесі, рұқсат етілетін су алу, қайтарымсыз өзен ағындысын алу, методология, экологиялық сужіберуді нормалау

A.A. Saparova^{1,2*}, M.Zh. Burlibayev¹, Zh.S. Mustafayev¹

¹ «Institute of Geography and water security» JSC, Almaty, Republic of Kazakhstan, aselek.a.s@mail.ru*, z-mustafa@rambler.ru

² Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan

ENVIRONMENTAL FLOW AND RELEASES IN THE FORMAT OF THE NATIONAL ASSESSMENT

Abstract

The international legal framework should provide for a fair, reasonable, environmentally sustainable and binding regime for all parties on water use and water allocation. At the same time, it is necessary to take into account the needs of nature itself in water in order to preserve and increase bioproductivity and biodiversity. In other words, the preservation of the natural character of the river flow as a natural object. Only the ecologically permissible volume of water resources is subject to withdrawal, taking into account the mandatory losses of runoff and the environmental requirements of the delta.

For the conservation of river ecosystems, the most important task is to scientifically substantiate the allowable volumes of withdrawal and ecological flow of rivers. The process of assessing environmental flow is very complex, resource-intensive, and for determining environmental flow

indicators in a region, in a particular country and in transboundary basins covering several countries, it is important to select methodologies.

The article deals with issues and makes an overview of the definition of ecological flow. A review of the methodology for rationing the ecological flow has been carried out. A general calculation algorithm for different runoff availability is given. The values of the ecological flow and the volume of the maximum allowable withdrawal of river flow of various availability for the outflow ranges of the Syrdariya, Arys and Keles rivers were obtained.

Key words: ecological flow, release, river ecosystem, allowable withdrawal of river runoff, irretrievable withdrawal of river runoff, methodology, regulation of ecological release

МРНТИ 87.35.02

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2023/28>

А.К. Мусина¹, К.Т. Нарбаева^{1}, А.Н. Акжаркынова¹, М.Е.Кенесова², Ж.О.Бексултанова¹*

*¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,
mussina.aynur@gmail.com, narbayeva.kn@gmail.com*, akzharkynova@gmail.com,
zhansaya.beksultanova@mail.ru*

²ТОО «КазГИДРО», г. Алматы, Казахстан, madinakenesova@gmail.com

ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ СТОКА Р. ОЙЫЛ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ КЛИМАТА

Аннотация

В данной статье рассмотрены вопросы изменения речного стока бассейна р. Ойыл, вызванные нестационарностью климатических и антропогенных условий. Для оценки гидрометеорологических характеристик изучаемого бассейна использовались данные из опубликованных источников, а также в интернет-источниках о расходах воды и метеопараметров изучаемого района. С использованием известных статистических методов обработки проанализированы гидрометеорологические характеристики речного стока, построены графики и гистограммы, которые в свою очередь показывают изменение и колебание осадков, температуры воздуха и речного стока. Для оценки изменения речного стока были собраны и проанализированы гидрологические ряды гидрометрических створов бассейна р. Ойыл за период с 1940 по 2019 гг. Изменения речного стока в исследуемом бассейне определены для двух периодов: естественного и нарушенного. Для каждого периода выявлены вероятностные значения характеристик стока различной обеспеченности на основе построения кривых распределений. Изменения годового стока в среднем составляют от 1,5 (р. Ойыл – пос. Ойыл) до 27 % (р.Ойыл-Алтыкарасу, р.Ойыл-Тайсоган) в сторону уменьшения. По створам Талтогай, Алтыкарасу и Тайсойган результаты кривых обеспеченности в области больших расходов воды показывают значительное уменьшение стока от 35 % до 45 %, тогда как в области низких расходов наблюдаются увеличение стока порядка 250-300 %, т.е. сток воды во время весеннего половодья уменьшился, а в меженный период - увеличился.

Ключевые слова: *годовой сток, норма стока, температура воздуха, атмосферные осадки, изменение климата, базовый период, среднегодовые расходы, речной сток.*

Введение

В настоящее время учеными всего мира все больше рассматриваются вопросы об изменении климата и влияния его на речную экосистему в целом. На формирование речного стока определяющее влияние оказывают метеорологические показатели, такие как температура воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Для оценки гидрологических