

Фарда Иманов

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ р. КУРЫ**



Санкт-Петербург  
Свое издательство  
2016

**ФАРДА ИМАНОВ**

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ р. КУРЫ**

Санкт-Петербург  
Свое издательство  
2016

УДК 556.535.5

ББК 26.22.5

**ИМАНОВ ФАРДА АЛИ ОГЛУ** Водные ресурсы и их использование в трансграничном бассейне р. Куры. — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2016. — 164 с.

В монографии приведены результаты исследований по оценке притока речных вод в Каспийское море с территории Республики Азербайджан. Наибольшее внимание уделяется вопросам количественной оценки естественной и антропогенной трансформации годового стока основных трансграничных рек региона. Представлены новые данные по водопользованию в странах региона. Рассмотрен вопрос о допустимых изъятиях речных вод. Монография предназначена для специалистов в области гидрологии и водохозяйственного проектирования.

ISBN 978-5-4386-1078-6

УДК 556.535.5

ББК 26.22.5

Mr. F.A. Imanov, The inflow of river waters into the Caspian Sea from the territory of Azerbaijan, FSBI "SHI", St. Petersburg, One's Own Publishing House, 2016, 200 pages.

ISBN 978-5-4386-1078-6

The monography comprises the outcomes of studies to assess the inflow of river waters into the Caspian Sea from the territory of the Republic of Azerbaijan. The greatest attention is paid to the quantitative assessment of natural and anthropogenic transformation of annual runoff of the major transboundary rivers in the region. There is new data on water use in the region. It addresses the issue of permissible extraction of river water resources. The monography is intended for specialists in the field of hydrology and water management planning.

Рецензенты:

*Мамедов Р.М. — Академик Национальной Академии Наук Азербайджана, доктор технических наук, профессор, директор Института Географии Академии Наук Азербайджана*

*Марков М.Л. к.г.н. заместитель директора федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный гидрологический институт», Россия*

*Гавардашвили Г.В. — д.т.н., профессор, директор Института Водного Хозяйства Грузии*

Научный редактор кандидат географических наук Н.Г.Василенко (ФГБУ «ГТИ»)

Монография публикуется по решению Ученого совета Географического факультета Бакинского Государственного Университета (протокол № 8 от 10 февраля 2016г.)

© Иманов Ф.А., текст, 2016

© Свое издательство, оформление, 2016

## Предисловие

В предлагаемой читателю монографии рассматривается комплекс актуальных проблем, связанных с исследованием водных ресурсов и их использования в трансграничном бассейне р. Кура, в пределах территории пяти государств — Азербайджана, Армении, частично Грузии, Ирана и Турции, а также оценкой притока речных вод с территории Азербайджана в Каспийское море. Проблема оценки водных ресурсов трансграничной реки Кура и их антропогенных изменений приобретает более острый социально — экономический и политический характер, учитывая все возрастающую роль водных ресурсов для устойчивого развития общества.

Основная цель работы состояла в оценке современного состояния речных вод бассейна Каспийского моря и перспектив их использования на территории площадью порядка 220 тыс. км<sup>2</sup> государств Азербайджана, Армении, Грузии, Ирана и Турции.

Книга состоит из 7 глав, заключения. В первой главе кратко изложены природные условия бассейна, определяющие формирование стока р. Куры и других рек, впадающих в Каспийское море на территории Азербайджана. Вторая глава посвящена исследованию характеристик водного режима, внутригодового распределения стока в бассейнах основных рек территории р. Куры и р. Аракс. Представлена оценка среднесуточных соотношений воднобалансовых характеристик бассейнов этих рек в различных створах. Достаточно детально выполнена оценка современного использования водных ресурсов в Азербайджане и сопредельных государствах с учетом существующей на сегодняшний день инфраструктуры водного хозяйства Азербайджана. В третьей главе рассмотрены вопросы естественной и антропогенной трансформации стока основных трансграничных рек Кура, Аракс, Алазань, Иори, Самур и др. Выполнена оценка многолетних изменений годового стока и стока половодья в основных

пунктах наблюдений. Четвертая глава посвящена исследованию стока рек, протекающих в пределах территории Азербайджана, называемых автором местными реками. Обобщены данные наблюдений по 2011 год, что, безусловно, является достоинством представленной работы. Выявлено, что при 5%-ном уровне значимости только на 17% рек отмечаются устойчивые тренды в изменении годового стока рек. В зимнем стоке прослеживается его незначительное увеличение на большинстве рек (75%), тогда как летний сток повсеместно снизился, главным образом, из-за возросших водозаборов на орошение. В целом водные ресурсы так называемых местных рек к 2011 году снизились на 16% по сравнению с периодом до 1972 года. В пятой главе рассмотрены закономерности формирования стока в периоды с высокой водностью (наводнения) и периоды с очень низкой водностью. Выполнен анализ выдающихся наводнений, например, половодья 2010 года, и периодов очень низкой водности, в частности, низкий сток в засуху 2000 года. Рассмотрены причины и последствия данных явлений, предложены пути снижения негативных последствий столь экстремальных для района процессов. В шестой главе представлены результаты оценки притока вод трансграничных и местных рек в Каспийское море с территории Азербайджана с учетом данных наблюдений на отдельных постах по 2011 год. Седьмая глава посвящена вопросам устойчивого функционирования речных экосистем в условиях возрастающего водопотребления. Рассмотрен мировой опыт по оценке экологического стока рек. Предложена авторская методика определения экологического стока рек, подверженных влиянию хозяйственной деятельности. В качестве примера представлен расчет экологического стока р. Самур.

Монография является весьма своевременной и полезной как для исследователей и практиков, занимающихся вопросами комплексного использования водных ресурсов, так и для научных работников в области гидрологии и экологии.

*Доктор географических наук Георгиевский В. Ю.*

## Введение

С ростом численности населения, развитием промышленности и сельского хозяйства потребность в пресной воде резко возрастает. В последние десятилетия нехватка воды ощущается во многих регионах мира. Наблюдается количественное и качественное истощение водных ресурсов, что обуславливает рост заболеваемости населения, связанный с употреблением некачественных вод, приводит к сдерживанию развития водоемких отраслей экономики. В настоящее время дефицит водных ресурсов отмечается на территории, составляющей почти 60% всей земной суши, включая большую часть бассейна Каспийского моря. Экономический потенциал данного района в значительной степени зависит от гидрометеорологического режима и экологического состояния территории и, в частности, водных объектов, впадающих в Каспийское море. До 80% стока в Каспийское море приходится на долю Волги. Сток главной реки Кавказа Куры занимает второе место. Помимо Куры, с территории Азербайджана в Каспийское море впадают многочисленные малые реки.

Основная цель данной работы состоит в оценке современного состояния и перспектив использования речных вод региона площадью порядка 220 тыс. км<sup>2</sup>, охватывающих бассейны рек на территории Азербайджана, Армении, частично Грузии, Ирана и Турции.

В монографии центральное место занимает вопрос естественной и антропогенной трансформация годового стока основных рек исследуемого региона, большинство которых являются трансграничными. Выполнены исследования по выявлению пространственных и пространственно временных закономерностей изменения годового стока и его внутригодового распределения, исследованы вопросы использования водных ресурсов и последствия этого использования, рассмотрены экстремальные гидрологические ситуации (наводнения и маловодья), выполнена оценка экологического стока рек.

# Глава 1.

## КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

### Орография и рельеф

Становление современного рельефа Закавказья является результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов. Если под господствующим воздействием эндогенных сил происходило поднятие горных областей, то экзогенные процессы старались их разрушить. В этой напряженной «борьбе» рождались скульптурные формы современного рельефа. Крупные горные хребты, межгорные котловины исследуемого района имеют тектоническое происхождение. Формы рельефа более мелкого масштаба (мезо и микроформы) обусловлены главным образом экзогенными процессами. В горных областях Закавказья начиная с конца палеогена тектоническое поднятие преобладают над денудацией. В этот же период в Закавказской депрессии вследствие опускания земной коры доминирующими процессами являются процессы осадконакопления [Мусеибов, 1986]. В бассейне р. Кура выделяются четыре крупных орографических комплекса: Большой Кавказ, Закавказское (Южнокавказское) межгорное понижение, Закавказское нагорье, отрезок Эльбурской системы гор Талышские горы с Ленкоранской низменностью [Геоморфология Кавказа, 1979].

**Большой Кавказ** простирается с северо-запада на юго-восток на 1100 км и представляет собой целостную систему хребтов с ярко выраженным водоразделом. Центральная часть Большого Кавказа выделяется своими островершинными пиками, ледниковыми цирками и трогами. Встречаются здесь и молодые вулканические образования. В истоках рек Лиахви, Ксани, Арагви расположен Кельский вулканический массив. Восточнее Крестового перевала до г. Ильхидага простирается восточная часть Большого Кавказского хребта.

От вершины горы Базардюзи административная граница Азербайджана отклоняется на северо-восток, и часть северного склона Большого Кавказа находится в пределах Южнокавказского региона. Здесь параллельно Главному Водораздельному хребту тянется Боковой хребет с вершиной гора Шахдаг (4243 м). Хребет прерывается antecedентными долинами рек Кусарчай, Кудиялчай, Карачай, Вельвеличай, Гильгильчай и др. Севернее Бокового хребта расположена Кусарская наклонная равнина, а на побережье Каспийского моря простирается Самур Дивичинская низменность [Мусейбов, 1986, Ализаде, 2004; Ализаде, Тарихазер, 2010, Будагов и др., 1988].

**Закавказское (Южнокавказское) понижение.** Южнее Большого Кавказа параллельно ему расположено Закавказское понижение, представляющее собой межгорную впадину, состоящую из трех крупных орографических образований. Куринская депрессия и Лихский (Сурамский) хребет расположены в бассейне Куры. Лихский хребет является связывающим звеном между Большим и Малым Кавказом.

Куринская впадина делится на две части: западную и восточную. Восточнее Тбилиси она расширяется. В ее пределах появляются более мелкие впадины, долины, равнины и низкие антиклинальные гряды. Из них самая большая Алазани (Ганых)-Айричайская равнина [Будагов и др, 2011, Ширинов, 1980]. Между реками Кура и Алазани (Ганых) расположено Иорское плоскогорье и Гамборский хребет. На обоих берегах Куры, на юго-восток от Тбилиси, расположена Нижнекартлийская равнина, на которой хорошо выражены террасы реки Куры. К востоку от нижнего течения р. Алазани (Ганых) до р. Гирдиманчая выделяются низкие хребты и котловины Аджиноурского низкогорья.

От Мингечаурского водохранилища до Каспийского моря простирается обширная низменная часть Куринской впадины. Она называется Кура-Аразской низменностью и делится на ряд более мелких равнин. Самой западной ее частью является Гянджа-Газахская равнина, где конусы выноса рек, стекающих с Малого Кавказа, образовали широкие шлейфы [Ширинов, 1975].

**Закавказское (Южнокавказское) нагорье** представляет собой сложный орографический комплекс, делящийся на четыре системы: Малый Кавказ, Вулканическое нагорье, Приаразские складчато-глыбовые хребты, Средне-араксинская котловина. Малый Кавказ, в отличие от Большого Кавказа, не является единым, четко выраженным водораздельным хребтом. Эта система кулисообразно расположенных хребтов делится на три части: западную, центральную и восточную. Западная часть Малого Кавказа представлена двумя хребтами: Месхетским (Аджаро-Имеретским или Аджаро-Ахалцихским) и Триалетским. Центральная часть Малого Кавказа — самая высокая (Меписцкаро 2850 м). С юга к Месхетскому хребту причленяется Арсианский хребет, большая часть которого расположена в Турции. От вершины горы Арсиан (3165 м) на запад отходит Шавшетский хребет, а на юго-восток Эрушетский. По этим хребтам проходит государственная граница с Турцией. Восточнее Боржомского ущелья до Тбилиси тянется Триалетский хребет. В центральной части Малого Кавказа расположен водораздел между бассейнами Куры и Аракс (Араз), выраженный системой хребтов от Ширакского до Муровдага, общей протяженностью около 310 км. Высочайшей вершиной всей системы является гора Гямыш (3724 м). Здесь также выделяется вторая система хребтов Базумский, Халабский, Иджеванский, Мургузский, Миапорский. Вершины этих хребтов достигают 2900–3000 м, например, вершина Ур-асар, Мургуз. Севернее Базумского хребта простирается Лорийское плато, а еще севернее хребет Сомхетский (Вираайоц) хребет. Восточная часть Малого Кавказа представлена Карабахским хребтом [Халилов, 1999]. Он тянется в меридиональном направлении до Геянской равнины (долина р. Аракс). Высочайшая его вершина гора Беюк-Кирс (2725 м).

**Вулканическое нагорье.** Большая часть нагорья расположена в Турции, и только восточный отрезок его расположен в Закавказье. Это нагорье подразделяется на два обособленных нагорья — это нагорья Джавахетско-Ашюцкое и Арарат-Сюникско-Карабахское [Халилов,

1999, Ализаде, 2004]. Джавахетское нагорье в пределах Грузии достигает высоты в 1800-2000 м. В его центральной части в меридиональном направлении вытянуты хребты Абул-Самсарский и Джавахетский. Восточнее Джавахетского хребта расположено Цалкинское лавовое плато. В пределах Армении Джавахетское нагорье переходит в Ашоцкое плато. Вдоль границы с Турцией расположен Ехнахахский хребет, на востоке Джавахетский хребет (Кечутский хребет или Мокрые горы), восточнее которого расположено Лорийское плато. В центре Ашоцкого плато расположена Верхне-Ахурянская котловина. В Джавахетском нагорье молодыми лавовыми излияниями образовано ряд запрудных озер. Это озера Табацкури, Парвана, Сагамо, Ханчали, Хозапин, Мадатапа и другие. Арарат-Сюникско-Карабахское нагорье занимает центральную и восточную части Вулканического нагорья. Севернее Арарата до Ширакского хребта простирается Лениканская котловина, дно которой называется Ширакской равниной. Эта равнина на западе расчленена притоками р. Ахурян, а в пределах Турции сливается с Карсским плато. Самым крупным вулканическим массивом в Закавказье является массив Арарат (Алагез), на котором возвышаются четыре вершины. Самой высокой из них является Северная вершина (4090 м). Между долиной р. Раздан (Занги) и озером Севан возвышается щитообразный Гегамский хребет. Южнее озера в широтном направлении простирается Варденисский хребет с одноименной вершиной (3520 м). Крайним восточным орографическим элементом Вулканического нагорья является Карабахское нагорье. Здесь на границе Армении и Азербайджана возвышаются вулканические вершины Ишиглы (3550 м), Гызылбогаз (3581) и др.

**Приаразские складчато-глыбовые хребты** простираются южнее Вулканического нагорья до Аразской впадины. На западе эти горы начинаются хребтом Ераносским, далее Урцский и Даралагезский хребты переходят в Зангезурский. Наивысшая вершина — Гапыджик (3904 м). От Зангезурского хребта на восток отходят Баргюшадский хребет с вершиной Арамазд и Мегринский с верши-

ной Багацсар. Среднеаразская котловина является тектонической впадиной и делится на две котловины Араратскую и Нахичеванскую [Габриелян, 1986].

**Талышские горы и Ленкоранская низменность.** Талышский хребет в структурном плане является продолжением Малого Кавказа и одновременно представляет отрезок Эльбурсской горной системы. Наиболее высокой вершиной является вершина Кемюркей (2493 м). Параллельно Талышскому хребту протягиваются Пештасарский и Буроварский хребты. На побережье Каспийского моря с севера на юг простирается Ленкоранская низменность, частично опускающаяся ниже уровня моря.

### Геологическое строение

В пределах Закавказья первые колебательные и складчатые движения происходили в верхнем протерозое и нижнем палеозое. На месте Закавказской депрессии (Колхидская низменность, Дзирульский массив, Кура-Аразская низменность) и в некоторых частях Вулканического нагорья образовались консолидированные, более жесткие массивы в виде островов, которые выступали из моря. Жесткий массив в центре Закавказского нагорья присоединился к Аравийской платформе и долго не вовлекался в геосинклинальное погружение каледонского и герцинского циклов.

Каледонская складчатость проявилась, главным образом, на Большом Кавказе и частично в пределах Вулканического нагорья. Существенную роль в строении рельефа высокогорной части Западного и Центрального Кавказа играют батолитные интрузии этой складчатости.

Герцинский цикл развития земной коры четко выражен в геосинклинальной зоне Большого Кавказа, сопровождался внедрением интрузий. В вершинном поясе Большого Кавказа ныне отмечены метаморфизированные сланцы верхнего протерозоя и нижнего палеозоя.

Альпийский цикл начинается с триаса. В этом периоде выделяются два главных этапа: геосинклинальный этап с преобладанием глубоких погружений и орогенный, ког-

да происходили тектонические поднятия и формирование современного горного рельефа.

В меловом периоде вновь наступило погружение как на Большом Кавказе, так и на Антикавказе, образовались известняки. Погружение суши наибольших размеров достигло к концу мелового периода.

Начало палеогена ознаменовалось поднятиями. На Антикавказе и Талыше в палеогене наблюдались массовые излияния лавы, продолжалось осадконакопление. Туфогенные образования весьма характерны для хребтов Малого Кавказа. С конца эоцена началась бурная деятельность тектонических сил, проявляющееся в складкообразование и внедрение интрузивных тел. С олигоцена начался континентальный этап развития Кавказа, образовались поверхности выравнивания.

В среднем и позднем миоцене на Закавказском нагорье во внутренних впадинах существовали лагуны и соленые озера, где образовались самосадочная поваренная соль и гипс (Ереванская, Нахичеванская впадины). В других бассейнах или болотных участках происходило отложение угленосных фаций. На Большом Кавказе и Антикавказе в миоцене максимальные высоты суши достигали 700–1000 м.

Поднятие мега антиклинорий Большого Кавказа и Антикавказе в неогене сопровождалось складчатостью, разрывами и вулканизмом. Тектонические поднятия были особенно интенсивными в центральной части Большого Кавказа, а на Антикавказе — на Аджаро-Триалетском хребте, а также в зоне Сомхето-Кафанских (Сомхето-Карабахских) хребтов. В верхнем миоцене и нижнем плиоцене на Закавказском вулканическом нагорье развивалась бурная вулканическая деятельность.

В среднем плиоцене в связи с понижениями уровня Каспия на 500 м, эрозионная деятельность рек Восточного Закавказья сильно активизировалась. В этот период образовались глубокие долины и каньоны рек Дебет, Раздан (Занги), Воротан (Базарчай), Акера и др. В среднем плиоцене в восточной части Куринской депрессии Абшерон-Гобустанская область испытывала погружение,

что компенсировалось образованием мощных дельтовых отложений продуктивной толщи.

Верхний плиоцен был важным этапом формирования рельефа Закавказья, поскольку он ознаменовался двумя трансгрессиями Каспия (Акчагыльская и Апшеронская трансгрессии). Отложения этих периодов покрывают Кура-Аразскую низменность. В верхнем плиоцене происходили массовые излияния лав на Вулканическом нагорье. В этот период происходила перестройка гидрографической сети. С конца плиоцена опускание поверхности происходило в крайней юго-западной части Антикавказя, в частности, в Араратской, Нахичеванской и Джульфа-Ордубадской впадинах [Будагов и др., 2011, Ширинов, 1980]. Куринской межгорный прогиб в верхнем плиоцене продолжал расширяться и опускаться. К югу от Алазанской впадины начинается поднятие Кахетинско-Дашюзской зоны, которая перед этим была частью Куринского прогиба. Древнейшими породами Закавказья являются докембрийские и кембрийские метаморфические образования, слагающие кристаллические массивы (ядро Большого Кавказа, Дзирульский, Арзакан-Апаранский, Локский, Храмский и др.). Палеозой представлен породами девонского, каменноугольного и пермского периодов. Девонские отложения (известняки, песчаники, сланцы, кварциты) развиты преимущественно в юго-восточной части Закавказья на территории Нахичеванской автономной республики и в Армении, в бассейнах рек Веди, Арпа, Аргичи [Абасов, 1970, Ализаде, 2007]. Каменноугольная система в Закавказье представлена только нижним отделом в упомянутых выше местах, кроме бассейна р. Аргичи, толщей известняков, глинистых сланцев, кварцитов и песчаников. Далее идут пермские разноцветные известняки, песчанистые сланцы, известняковые конгломераты и доломиты, развитые в Армении.

Верхнепалеозойские образования встречаются в пределах Дзирульского кристаллического массива. Мезозойские отложения широко распространены по всему Закавказью. Триасовые отложения обнажаются в Джульфинском ущелье и представлены глинистыми и песча-

нистыми известняками, доломитами и т.д. В Армении триасовые отложения состоят из плитчатых известняков, песчаников и т.д. [Девдариани, 1986]. Юрские и меловые толщи представлены глинистыми сланцами и песчаниками и распространены на Большом Кавказе в Грузии и Азербайджане. Палеогеновые и неогеновые отложения получили большое развитие на всей территории Закавказья. Они обнажаются преимущественно на Малом Кавказе и по Закавказскому понижению в предгорных частях Большого и Малого Кавказа. На территории Прикаспийско-Губинского и Шемаха-Гобустанского районов, а также на Апшеронском полуострове развиты палеогеновые мергеле-глинистые и песчано-известняковые отложения [Ализаде, 2004]. Коренные породы всех возрастов перекрываются плейстоценовыми отложениями морского и континентального происхождения, мощность которых в Куринской впадине составляет 1000-1400 м. В Азербайджане четвертичные морские и континентальные отложения наибольшего развития достигают на Апшеронском полуострове, в юго-восточной части Гобустана, в Куринской впадине и в предгорной части Малого Кавказа. Морской плейстоцен развит в Восточном Азербайджане, континентальный в центральной и западной его частях. Морские отложения представлены глинами, песками, ракушечниками, песчанистыми глинами и т.д. Плейстоценовые отложения участвуют в строении разновозрастных террас [Будагов и др., 2011]. Многообразные четвертичные образования на территории Вулканического нагорья представлены породами вулканического происхождения. Это базальты, андезиты-базальты, андезиты, андезиты-дациты, дациты, туфы и др. В высокогорных зонах Большого Кавказа, Малого Кавказа и Восточно-Армянского вулканического нагорья встречаются ледниковые отложения, представленные моренами и флювиогляциальными отложениями.

**Климат** бассейна реки Куры весьма разнообразен и формируется под воздействием природных условий, характерных для горных районов. В целом территория бассейна р. Куры расположена на северном крае субтропиче-

ского пояса. Большой Кавказ усиливает различия между умеренным климатом Северного Кавказа и субтропическим климатом рассматриваемой территории. Горный облик территории, наличие морей на западе и востоке, высотная поясность и местные факторы создают чрезвычайно пеструю картину климатических условий. В формировании климата бассейна участвуют три типа воздушных масс: умеренного пояса, тропического и, иногда, арктического. Наибольшую повторяемость имеют воздушные массы умеренных широт. Зимой сюда проникают арктические воздушные массы, обходя Большой Кавказ либо с востока, либо с запада. Вследствие радиационного выхолаживания в пределах Армянского нагорья в зимний сезон умеренные воздушные массы трансформируются и приобретают характер арктических масс, обуславливая холодную и морозную погоду без осадков. Летом господствуют тропические воздушные массы, которые обуславливают жаркую и сухую погоду [Габриелян, 1986]. Осадки как по территории, так и во времени распределены крайне неравномерно. Встречаются районы со средним годовым количеством осадков порядка 200 мм и менее и сильно увлажненные районы, с количеством осадков до 1600 мм. С запада на восток, с ослаблением влияния Черного моря, наблюдается уменьшение осадков. Среднее годовое количество осадков в Кутаиси составляет 1380 мм, в Тбилиси 505 мм, в Гяндже 250 мм, в Ереване 300 мм, в Баку 195 мм [Джакели, 1986]. В горной зоне количество осадков с высотой возрастает и достигает местами 1500 мм и более. Здесь значительную роль играют орографические осадки. В межгорных котловинах, на плоскогорьях и на гребнях Талышских гор количество осадков резко уменьшается.

В пределах азербайджанской части Большого и Малого Кавказа годовая сумма осадков увеличивается до определенной высоты, а в высокогорье постепенно уменьшается. На южных склонах Большого Кавказа, на высотах 2400–2800 м годовое количество осадков составляет 1400–1450 мм. На северных склонах Муровдагского и Шахдагского хребтов на высоте 2500–2800 м годовые суммы осадков составляют от 800 до 850 мм, на юго-западных склонах

Зангезурского хребта на высотах 2500-3000 м выпадает от 850 до 900 мм. На центральных участках Тальшских гор на высоте 200–600 м годовое количество осадков колеблется от 1400 до 1700 мм. В горах Большого Кавказа на высотах 3700–4000 м годовое количество осадков достигает 1200–900 мм. При этом на северных склонах Муровдагского хребта Малого Кавказа на высотах 3600-3700 м эта величина составляет 600 мм, а на центральных и южных частях Тальшских гор на высоте 2000-2400 м выпадает от 300 до 200 мм осадков [Шихлинский, 1968]. На северо-восточном склоне Большого Кавказа общая закономерность распределения осадков по высоте несколько иная: здесь имеются два максимума осадков. Один из них находится на высоте 800-1000 м, а другой на 3000 м. В Ленкоранском регионе и Тальшских горах картина совсем другая. Здесь, в отличие от других горных регионов Азербайджана, максимальное количество осадков наблюдается на прибрежных равнинах и в подножьях горных склонов. С высотой осадки уменьшаются, и в среднегорье достигают минимума — 300-200 мм. При наступлении периодов максимальных и минимальных значений осадков территория бассейна делится на несколько отличных друг от друга частей. Во внутренней континентальной части Восточного Закавказья максимум осадков наблюдается в конце весны и в начале лета, а минимум во второй половине лета и зимой. В горных частях выпадение осадков распределено сравнительно равномерно в течение года с некоторым незначительным преобладанием в теплый период года. В центральной и восточной части территории максимум осадков приходится на май, а минимум на январь. Почти аналогичная картина наблюдается в горах Большого и Малого Кавказа и на Закавказском нагорье.

По характеру распределения и залегания снежного покрова на территории бассейна четко выделяются три пояса: первый пояс расположен выше 3200-3600 м, (выше так называемой климатической снеговой линии). Второй пояс с устойчивым снежным покровом охватывает большую часть горных районов, а также внутренние части Закавказского нагорья. Нижняя граница этого пояса проходит на

высоте около 500-700 м, а верхняя вдоль снеговой линии. В этом поясе залегание снежного покрова и его мощность с запада на восток уменьшается, но с высотой возрастает. Третий пояс с неустойчивым снежным покровом занимает межгорные равнины и распространяется ориентировочно до высоты 500–700 м над уровнем моря. На равнинах, и особенно в прибрежных зонах, снежный покров образуется редко. Высота снежного покрова в этих районах составляет 1–3 см, и лишь в редких случаях может достигать 40 см. В восточной части Кура-Аразской низменности и на юго-восточном Гобустане 10 дней со снежным покровом, на остальных равнинах порядка 20 дней.

В подножьях Большого Кавказа максимальная высота среднего декадного снежного покрова достигает 10 см, в среднегорье 20–50 см, а высокогорье более 70 см. В подножьях Малого Кавказа эта характеристика не превышает 10-15см. В среднегорье она составляет 20 -30 см, а высокогорье 40–50 см. Высота снежного покрова в Нахичеванской автономной республике почти такая же, что и на Малом Кавказе. На Ленкоранской низменности и в Талышских горах максимальная высота снежного покрова составляет 10-20 см [Агаев, 1967]. В условиях исследуемого района испарение, как и осадки, распределено крайне неравномерно. Максимальные величины годового испарения характерны для Приаразских равнин Нахичевана и составляют от 1200 до 1400 мм. На Кура-Аразской низменности испарение несколько ниже от 1000 до 1200 мм. В горных районах испарение снижается с высотой местности. В среднегорье и Кусарской наклонной равнине испарение составляет от 600 до 800 мм, в высокогорье 400-300 мм, а на вершинах Большого и Малого Кавказа уменьшается до 200 мм в год.

### **Гидрография**

Развитие речной сети Азербайджана тесно связано с формированием крупных морфологических структур рельефа. Анализ горных пород палеоген-неогенного периода показывает, что реки Большого и Малого Кавказа образовали параллельные системы к крупным морфо-

структурным зонам этих горных систем. Малые притоки этих рек пересекали поднявшиеся горные склоны. В результате интенсивного поднятия горных районов в неогене, а также происходящих тектонических и морфоструктурных изменений постепенно формировались современные речные системы [Мусеибов, 1998]. В конце третичного и начале четвертичного периодов на юго-восточных склонах Большого Кавказа, в Аджинаурском предгорье, на северо-восточных и юго-восточных склонах Малого Кавказа речная сеть сформировалась почти заново. В четвертичном периоде резкие изменения в речной сети произошли только в северном Гобустане, Аджинаурском низкогорье и Кура-Аразской низменности. В более ранний период реки Кура и Аракс (Араз) неоднократно изменяли свое русло [Ширинов, 1976].

Территория Армении отличается относительно высокой плотностью речной сети. Среднее значение коэффициента плотности речной сети района составляют  $0,87 \text{ км/км}^2$ . На территории Грузии и Азербайджан плотность речной сети несколько ниже, соответственно  $0,68 \text{ км/км}^2$  и  $0,36 \text{ км/км}^2$  [Водные ресурсы, 1988]. Следует отметить, что на территории Азербайджана речная сеть распределена крайне неравномерно. Наряду с регионами, где речная сеть густая, встречаются территории, на которых отсутствуют реки с постоянным стоком. Известно несколько карт плотности речной сети территории Азербайджана. В частности, исследованиями плотности русловой сети занимались Р. Х. Пириев, С. Г. Рустамов и Р. М. Кашкай [Пириев, 1986, Рустамов, Кашкай, 1989]. Общая закономерность влияния рельефа на формирование речной сети проявляется в том, что плотность речной сети увеличивается от равнинных территорий к горным районам. В горных областях плотность речной сети своего максимального значения достигает в среднегорном поясе (1800–2500 м), где выпадает наибольшее количество осадков. Выше и ниже этого пояса плотность речной сети уменьшается. В значительной мере плотность речной сети определяется геологическим строением территории. Это ярко прослеживается при сравнении Карабахского нагорья и Шахдаг-

ского хребта. На Карабахском вулканическом нагорье на высоте 1800–3000 м преобладают породы вулканического происхождения. Густота речной сети составляет на этом нагорье составляет 0,3–0,4 км/км<sup>2</sup>. На Шахдагском хребте при близком высотном положении и климатической схожести, но при другом геологическом строении, густота речной сети значительно выше до 0,8–1,0 км/км<sup>2</sup>. В целом по территории Азербайджана прослеживается некоторая закономерность в высотном распределении густоты речной сети. В предгорных районах северо-восточного склона Большого Кавказа средняя величина густоты речной сети составляет 0,3–0,4 км/км<sup>2</sup>, в низкогорьях, на высотах 500–1000 м 0,4–0,6 км/км<sup>2</sup>, в среднегорьях (1000–2500 м) соответственно 1,8–2,1 км/км<sup>2</sup>, высокогорьях 0,6–0,8 км/км<sup>2</sup>. На подножьях южного склона Большого Кавказа густота речной сети составляет 0,2–0,4 км/км<sup>2</sup>, в низкогорьях этого района 0,50–0,75 км/км<sup>2</sup>, в среднегорьях 1,0–1,5 км/км<sup>2</sup>, высокогорьях 0,20–0,50 км/км<sup>2</sup> [Рустамов, Кашкай, 1989]. На Шахдагском, Муровдагском и Карабахском хребтах густота речной сети с высотой изменяется от 0,05 км/км<sup>2</sup> до 2,00 км/км<sup>2</sup>. В Ленкоранской области наибольшие значения густоты речной сети отмечаются в низкогорьях, составляя от 1,60 до 2,20 км/км<sup>2</sup>, а наименьшие в среднегорьях от 0,20 до 0,50 км/км<sup>2</sup>. На территории Азербайджана наименьшие значения густоты речной сети отмечаются на Кура-Аразской низменности, в Апшерон-Гобустанской зоне, Джейранчеле и западной части равнин Нахичевана — не более 0,05–0,10 км/км<sup>2</sup>.

Территория бассейна реки Куры в пределах Армении покрыта довольно густой сетью рек. Здесь имеются около 330 рек длиной в 10 км и более. Многие реки не имеют постоянного стока и летом пересыхают. Малые реки длиной менее 10 км составляют 97,4% от общего количества водотоков и 68,3% суммарной их длины. Средняя по территории густота речной сети составляет 0,60 км/км<sup>2</sup>. На низменностях густота речной сети, как правило, снижается до 0,3 км/км<sup>2</sup> (в долине р. Аракс (Араз) она падает до нуля), а в горах возрастает до 0,5–1,0 км/км<sup>2</sup>. В северных районах Армении, в бассейнах рек Памбак, Дзорагет,

Агстев, отмечаются более высокие значения густоты речной сети, в среднем составляя 0,70–0,75 км/км<sup>2</sup>. На территории значительное развитие имеет овражно-балочная сеть. Густота ее составляет в среднем 2,0–2,5 км /км<sup>2</sup> [Му-саелян, 1989].

В бассейне реки Куры в пределах Восточной Грузии густота речной сети изменяется в пределах от 0,35 до 1,0 км/ км<sup>2</sup>. Важную роль в распределении густоты речной сети помимо климатических условий играет геологическое строение местности. Трещиноватые горные породы в Джавахетском вулканическом нагорье резко снижают ее. Например, в бассейне р. Тапаравани густота речной сети в среднем составляет 0,35 км/км<sup>2</sup>, но на отдельных ее притоках уменьшается до 0,07 км/км<sup>2</sup> [Водные ресурсы..., 1988].

## Глава 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

### 2.1. Водный режим

Для рек Южного Кавказа в пределах бассейна реки Куры характерны три типа водного режима: реки с весенним половодьем, реки с половодьем в теплую часть года и реки с дождевыми паводками [Водные ресурсы..., 1988].

В исследуемом регионе по преобладающей водности наиболее распространены реки с весенним половодьем. К этой группе относятся реки южного склона Большого Кавказа, Джавахетского и Армянского нагорий. Реки с половодьем в теплую часть года распространены в высокогорной зоне Большого Кавказа и в области Малого Кавказа. На этих территориях можно выделить группы рек с летним и весенне-летним половодьем. К рекам с дождевыми паводками относятся реки Ленкоранской природной области, высота водосборов которых не превышает 1600-1800 м.

При более детальной типизации по водному режиму реки Азербайджана делятся на 5 типов [Рустамов, Кашкай, 1989]:

1. реки с половодьем в летние месяцы;
2. реки с паводками, возможными в течение года;
3. реки с паводками в холодное полугодие;
4. реки с весенне-летними половодьями и паводками;
5. реки с весенними и осенними паводками.

Во внутригодовом распределении стока для рек исследуемой территории характерны следующие фазы: весеннее половодье, охватывающее иногда часть летнего сезона, летне-осенняя и зимняя межень и паводки, накладывающиеся на общую волну половодья или наблюдающиеся в периоды межени или в течение всего года. Половодье является одной из основных фаз режима рек. Наблюдается оно ежегодно почти на всех реках. В зависимости от климатических условий и источника питания половодье может формироваться весной и летом, или летом. Гидрографы половодья имеют вид многовершинной растянутой волны, что связано с неравномерностью снеготаяния и обильны-

ми дождями, которые вызывают резкие колебания уровня воды. Характер половодья на реках отличается разнообразием, отражая в основном особенности питания рек, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, влияние местных факторов. Во время половодья на реках проходит от 30 до 80 % общего объема годового стока. Большими объемами половодья (до 80%) характеризуются реки Армянского нагорья, малые реки верховьев бассейна Кци-я-Храми, питающиеся преимущественно тальми водами. Наименьший сток за половодье (25-35%) наблюдается у зарегулированных подземными водами рек, например, реки Севджур, Гаварагет, Забухчай и др. [Водные ресурсы, 1988]. В бассейне р. Куры на реках с площадями водосборов более 300-400 км<sup>2</sup> в апреле-мае наблюдаются наибольшие расходы воды смешанного происхождения. Ниже на рисунках 2.1-2.12 в качестве примера представлены типовые гидрографы некоторых рек исследуемой территории. Гидрографы рек Кура и Аракс (Араз) (Турция) (рис.2.1 и 2.2) построены по суточным данным для гидрологического года, а для рек Ирана — по среднемесячным данным (рис. 2.11 и 2.12).

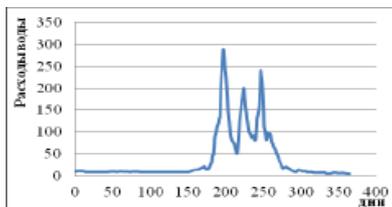


Рис.2.1. Гидрограф р. Куры (с. Аккираз, Турция)

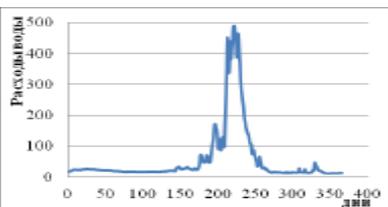


Рис.2.2. Гидрограф р. Аракс (Араз) (с. Кагизман, Турция)

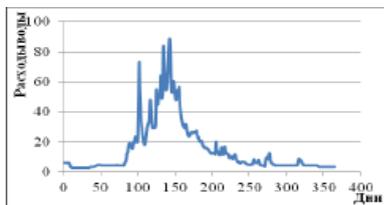


Рис.2.3. Гидрограф р. Большая Лиахви (с. Джава, Грузия)

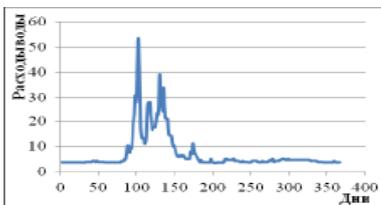


Рис. 2.4. Гидрограф р. Кци-я-Храми (с. Куци, Грузия)

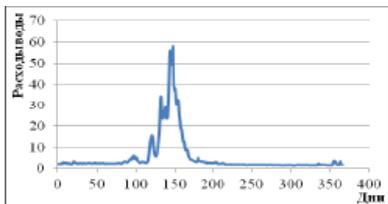


Рис. 2.5. Гидрограф р. Арпа-  
чай (с. Джермук, Армения)

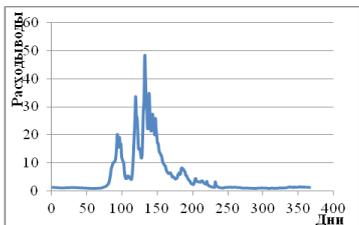


Рис. 2.6. Гидрограф р. Мар-  
марик (с. Агавнадзор, Армения)

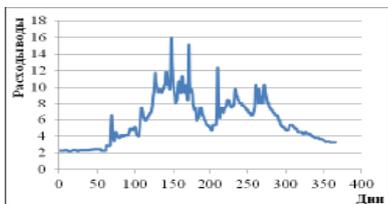


Рис.2.7. Гидрограф р. Гян-  
джачай (с. Зурнабад, Азербайд-  
жан)

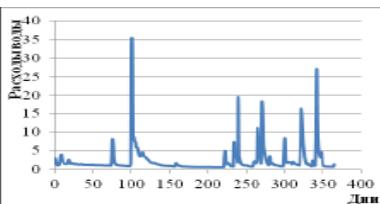


Рис.2.8. Гидрограф р. Лянка-  
ранчай (с. Сифидор, Азербайд-  
жан)

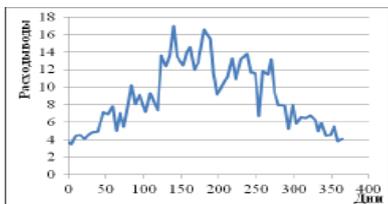


Рис. 2.9. Гидрограф р. Кур-  
мукчай (с. Илису, Азербайджан)

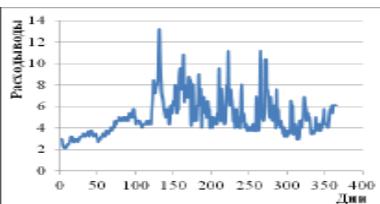


Рис. 2.10. Гидрограф р. Вельве-  
личай (с. Нохурдзюзи, Азербайд-  
жан)

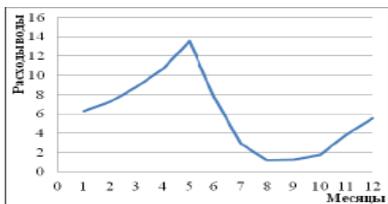


Рис. 2.11. Гидрограф р. Котур  
(с. Маракенд, Иран)

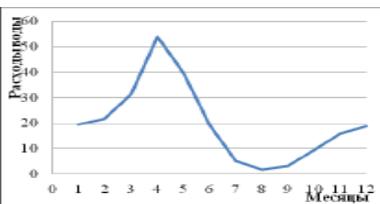


Рис. 2.12. Гидрограф р. Кара-  
сучай (с. Борран, Иран)

Сток от снеготаяния составляет около 35-80% от суммарного стока за половодье. Доля дождевой составляющей в половодье на разных реках колеблется от 5 до 30%. Подземные воды на реках района в стоке половодья могут достигать значительных величин, до 30-50%. На некоторых реках района Армянского нагорья подземный сток является наибольшим в году, поверхностный же обычно небольшой, порядка 10-20% объема стока за половодье. Для большинства рек бассейна р. Куры характерно весеннее половодье. Она начинается в среднем в конце марта-начале апреля, реже в феврале. Подъем уровня воды начинается на реках, имеющих относительно низкую высоту водосбора. Продолжительность весеннего половодья на реках южного склона Большого Кавказа составляет 90-140 суток, на реках бассейна р. Аракса (Араз) порядка 90 суток.

В формировании максимальных расходов половодья рек южного склона Большого Кавказа, истоки которых расположены на большой высоте, например, реки Б. Лиавхи, Арагви, Кусарчай и др., участвуют ледниковые воды многолетних и сезонных ледников. Средние сроки начала половодья на этих реках передвигаются на апрель. В период весенне-летнего половодья проходит порядка 60-70% годового стока. Максимальные расходы воды рек с ледниковым питанием в отдельные годы значительно увеличиваются за счет дождевых вод. На реках, в бассейнах которых расположены ледники, максимальные расходы воды, как правило, отмечаются, начиная со второй половины июня. На некоторых реках Нахичеванской АР и Грузии максимумы стока половодья наблюдаются в весенне-летний период [Владимиров и др., 1974; Мамедов, 1989]. Максимальные расходы воды рек Малого Кавказа и Армянского нагорья, южного склона Большого Кавказа (среднее течение рек Арагви, Иори, Алазани, Турианчая, Геокчая и др.) формируются снеговыми и дождевыми водами.

Орографические особенности Армянского нагорья оказывают влияние на режим осадков. Наибольшая повторяемость осадков наблюдается в период усиления фронтальной деятельности, как правило, это происхо-

дит в мае-июне [Александрян, 1971]. Активное участие дождевых вод в формировании максимальных расходов воды приводит к тому, что на реках Армении ( $H_{\text{ср}} < 2500$  м) максимумы стока приурочены к фазе половодья [Важнов, 1966].

В зависимости от условий формирования дождевые паводки могут быть:

- талого происхождения; весной при интенсивном нарастании температуры воздуха и при обильных дождях в период снеготаяния они достигают катастрофических размеров;
- ливневого характера в летне-осенний период при высокой интенсивности осадков;
- сформированными кратковременными, но интенсивными дождями в зимний период;
- вызванными продолжительными осенними обложными дождями, охватывающими большую территорию.

Весенние и осенние паводки начинаются одновременно по всей территории, что объясняется фронтальным характером проходящих ливней. Осенние паводки характерны для рек, стекающих с южного склона Большого Кавказа. Максимальные расходы воды осенних паводков в отдельные годы превышают максимумы половодья.

Реки, стекающие с северо-восточного склона Большого Кавказа (Куручай, Агчай, Шабранчай, Дивичичай, Гильгильчай и др.) и с Карабахского хребта (Хачинчай, Каркарчай, Бадара и др.), характеризуются паводками в весенне-летние месяцы (март-июнь, иногда июль). Ливневые дожди вызывают мощные паводки продолжительностью 1-2, реже 3-5 суток. Максимумы этих паводков в 6-50 раз выше средних годовых расходов воды. Паводки в течение всего года характерны для рек юго-восточного склона Большого Кавказа (Пирсаат, Джейранкечмез, Сумгаитчай, Ахсучай, Гирдыманчай и др.). Питание этих рек дождевыми водами достигает 90-95%, грунтовыми и талыми 5-10%. Реки Гобыстана самые маловодные. Годовое количество осадков в их бассейнах колеблется от 120-150 мм в низовьях рек, до 400-500 мм в области исто-

ков. В течение года на реках этих районов наблюдается от 3 до 20 высоких кратковременных паводков, особенно частых весной и осенью. Продолжительными являются весенние паводки. Наиболее длительные периоды без дождей наблюдаются летом, в результате чего реки равнинных территорий на большом протяжении пересыхают.

Реки Ленкоранского района (Виляшчай, Алларчай, Ленкоранчай, Шаратюк, Геоктепе, Омшаринка, Истисучай и др.) характеризуются паводками весной и осенью. Дождевое питание рек составляет 70-80%. Исключением являются бассейны, расположенные выше 1800 м, где незначительные запасы сезонного снежного покрова формируют невысокое весеннее половодье. Периоды прохождения дождевых паводков разделены между собой меженными периодами, продолжающимися от 2 до 4 месяцев. Интенсивность подъема уровня воды в период высоких дождевых паводков составляет на реках Каспийского побережья 180-200 см/сут. Межень устанавливается на реках после спада половодья. Для большинства рек межень — наиболее продолжительная фаза водного режима. Например, в бассейне р. Аракса (Араз) она продолжается 8-9 месяцев. Питание рек в этот период определяется в основном объемом и характером подземного стока.

Разработанная автором методика позволяет на гидрографах рек исследуемого района выделить 4 типа межени: зимняя (тип 1), летняя (тип 2), летне-осенняя (тип 3) и прерывистая (тип 4) [Иманов, 2000]. На реках с различными природными условиями Южного Кавказа наблюдаются один из перечисленных типов межени или же сочетание двух типов. Проведенные исследования позволили выделить на исследуемой территории 3 зоны с различными типами (или сочетанием типов) межени:

- зона 1 — зимняя межень;
- зона 2 — летне-осенняя и зимняя межень;
- зона 3 — летняя и зимняя межень.

Практически ежегодно (исключения составляют лишь очень многоводные годы) в зимний сезон в течение от 15 до 80 дней на реках Ленкоранской природной области наблюдаются расходы воды, не превышающие средне-

годовую величину базисного стока. В этот период могут наблюдаться неблагоприятные условия, ограничивающие водопользование. Следует отметить, что при выделении зимней межени на этих реках за ее начало и конец принимались даты с расходами, равными величине базисного стока рассматриваемого года.

**Зона 1** охватывает высокогорную часть бассейнов рек Большого Кавказа с ледниковым питанием. Зимняя межень устанавливается в течение 140-210 дней. Для этих рек доля зимнего меженного стока в годовом стоке достигает 16-24%. Для остальных рек зоны 1 доля зимнего стока изменяется от 10 до 15%.

**Зона 2** наиболее обширная. К этой зоне относятся все реки Малого Кавказа, реки среднегорных районов Большого Кавказа, реки, стекающие с Месхетского хребта. Продолжительность зимней межени изменяется в больших пределах от 20 до 170 дней. Доля зимнего стока также невелика и составляет 5-11%. Зимняя межень наиболее продолжительна в бассейнах рек Алазани, Акера, Арпа, Касах и др. (120 и более дней). Для рек зоны 2 доля зимнего стока возрастает до 20-25%. На реках зоны 2 летне-осенняя межень наблюдается в течение 50-160 дней. Наиболее продолжительна межень отмечается в бассейнах рек Акстафачай, Воротан (Баргющад), Арпа и на притоках оз. Севан (Гекча) (110-160 дней). Доля летне-осеннего меженного стока этих рек колеблется в пределах 16-22%.

**Зона 3** включает реки Ленкоранской природной области. Летне-осенняя межень обычно длится 70-120 дней. Зимняя межень относительно короткая и составляет 15-80 дней. Доли летне-осеннего и зимнего меженного стока близки и составляют 5-15% годового стока. Периоды низкого стока устанавливаются как в летне-осенний, так и зимний сезоны. Минимальный сток рек лета и осени повсеместно увеличивается с высотой. На большей части исследуемого региона модуль минимального зимнего стока возрастает с высотой. Исключение составляет Ленкоранский район, где связь минимального зимнего стока со средней высотой водосбора является обратной. Это обусловлено уменьшением количества атмосфер-

ных осадков в холодный период года с высотой местности и сосредоточенными выходами грунтовых вод в нижнем течении рек района. Чаще всего летне-осенние минимальные расходы по величине превышают зимние минимумы. Во многих районах соотношение минимального летне-осеннего и зимнего стока рек увеличивается с высотой местности. Вертикальная зональность, влияя на условия формирования минимального стока, определяет и сроки наступления его периодов, поскольку они приурочены ко времени наибольшего истощения подземного стока.

Основными климатическими факторами, определяющими начало и конец периодов минимального стока и в целом межлетнего периода, являются осадки, температура воздуха и испарение. С увеличением количества атмосферных осадков возрастает доля поверхностного стока в реках и поэтому периоды минимального стока наступают в более поздние сроки. Сроки установления периодов низкого стока зависят от характера внутригодового распределения осадков. Частые дожди, выпадающие в начале или середине летне-осеннего сезона, приводят к увеличению подземного стока в реки. В результате этого периоды наибольшего истощения речного стока (минимальный сток) отодвигаются на конец летне-осенней межени. Если дождевые паводки приурочены к концу летне-осенней межени, то периоды минимального стока наблюдаются в середине межлетнего периода.

Влияние температуры воздуха на исследуемую характеристику наиболее существенно для водосборов рек с относительно небольшими отметками высот водосборов ( $H < 1500$  м), а также для рек с ледниковым питанием. В летне-осенний сезон значительное испарение с поверхности водосборов, имеющих средние высоты менее 1500 м, приводит к уменьшению грунтового питания рек и тем самым способствует более раннему наступлению периода минимального стока. В зимний сезон для водосборов этих рек характерны частые оттепели. Поэтому сроки периода минимального стока зависят от времени появления (начало, середина или

конец зимней межени), продолжительности и частоты этих оттепелей. В теплый сезон года на высокогорных реках с ледниковым питанием, с увеличением продолжительности времени с положительными температурами воздуха, рассмотренные периоды устанавливаются несколько позже. В зимний сезон в результате промерзания почво-грунтов подземный сток в ледниковые реки несколько уменьшается. Это не приводит к установлению более ранних сроков периода минимального стока, поскольку условия подземного питания этих рек достаточно благоприятные. Для рек среднегорной зоны (1500-2500 м) в маловодные сезоны влияние температуры воздуха на сроки установления периода минимального стока незначительно.

На территории Восточного Кавказа сроки наступления низкого стока изменяются со средней высотой речного водосбора. Наиболее отчетливо зависимость сроков наступления низкого стока от средней высоты водосбора по территории Восточного Кавказа прослеживается в летне-осенний сезон. Это связано с различием в продолжительности летне-осенних и зимних меженных периодов. Продолжительность летне-осеннего сезона обычно в 1.5-2.0 раза больше, чем зимнего. Повсеместно, за исключением Ленкоранского района, в зимний и летний маловодные сезоны с увеличением средней высоты водосбора периоды минимального стока устанавливаются в более поздние сроки (табл. 2.1) [Иманов, 2000]. На территории Восточного Закавказья часть рек не имеет постоянного стока и летом пересыхает. Такие реки преобладают в Апшерон-Гобыстанском и Ленкоранском районах Восточного Азербайджана и в бассейне оз. Севан (Гекча). Апшерон-Гобыстанский район является самой засушливой частью изучаемого региона и отличается наименьшей водностью. Снеговое питание незначительное, а в формировании стока рек Сумгаитчай и Джейранкечмес эта составляющая стока отсутствует полностью. За счет дождей формируется 78-79% стока этих рек.

Таблица 2.1. Средние сроки установления 10-суточного минимального стока на реках Восточного Кавказа

Район	Сезон	Средняя высота водосбора, м, абс									
		1001-1200	1201-1400	1401-1600	1601-1800	1801-2000	2001-2200	2201-2400	2401-2600	2601-2800	280-3000
1	л-о з	- -	VIII-3 I-3	VIII-3 I-3	VIII-3 I-3	IX-1 I-3	IX-2 I-3	IX-3 I-3	X-1 I-3	X-2 I-3	X-3 I-3
2	л-о з	VIII-1 I-3	VIII-2 II-1	VIII-3 II-1	IX-1 II-1	IX-2 II-1	IX-2 II-2	IX-3 II-2	X-1 II-2	- -	- -
3	л-о з	VIII-3 I-2	VIII-3 I-2	IX-1 I-3	IX-2 I-3	IX-3 I-3	X-1 I-3	X-1 II-1	X-1 II-1	X-2 II-1	X-2 -
4	л-о з	- -	- -	- -	VIII-2 I-1	VIII-3 I-2	IX-1 I-2	IX-1 I-2	IX-2 I-3	IX-3 I-3	X-1 I-3
5	л-о з	VIII-2 I-2	VIII-2 I-2	VIII-2 I-2	VIII-2 I-2	VIII-2 I-2	- -	- -	- -	- -	- -

**Примечание:** VIII-2 — месяц, 2 — декада; л-о — лето-осень; з — зима;

1. Реки северо-восточного и юго-восточного склонов Большого Кавказа; 2. Реки южного склона Большого Кавказа; 3. Реки северо-восточного и юго-восточного склонов Малого Кавказа; 4. Реки бассейна Аракс (Араз); 5. Реки Ленкоранской природной области.

Доля подземного питания в стоке составляет от 2 до 10% [Рустамов, 1960]. Скудность подземного питания рек в данном районе связана с незначительным количеством атмосферных осадков, относительно большой величиной испарения, и слабой инфильтрационной способностью почво-грунтов. По водному режиму водотоки этого региона относятся к группе рек с непродолжительными дождевыми паводками в течение всего года. Через несколько дней после прохождения паводков они обычно пересыхают. Период отсутствия стока, как правило, длится до выпадения следующего дождя, достаточ-

ного для формирования стока. Перечисленные факторы являются причиной того, что пересыхание русел рек в Апшерон-Гобыстанском районе может наблюдаться в любое время года. В холодный период года, когда дожди выпадают чаще, длительность пересыхания меньше, чем в теплый период года. Например, средняя продолжительность отсутствия стока на водотоках р. Джейранкечмез у с. Сангачалы и р. Сумгайтчай, с. Перекешкюль составляет в теплый сезон 280 дней, для холодного 106 дней. Оба водотока пересыхают ежегодно. Лишь в очень многоводный 1963 год р. Сумгайтчай у с. Перекешкюль не пересыхала. В отличие от указанных рек р. Атачай у с. Алтыгагач пересыхает только в отдельные годы, что связано с более благоприятными условиями формирования речного стока, порядка 10% которого образуется за счет снеготаяния и 12% подземного питания. Условия формирования стока пересыхающих рек, стекающих с Буроварского хребта (северная часть Ленкоранского района) и рек Апшерон-Гобыстанского района во многом схожи. В питании рек этой территории снеговые воды отсутствуют, а грунтовые воды составляют 10-15% годового стока. Для этих рек характерны дождевые паводки в холодный период года (октябрь-март), что связано с характером внутригодового распределения жидких осадков. Водотоки этого района пересыхают лишь в летние месяцы (июль-август) и только в наиболее маловодные годы при продолжительном отсутствии дождей пересыхание может длиться до декабря. Периоды отсутствия стока на реках, стекающих с Буроварского хребта более короткие, чем на Апшерон-Гобыстанских реках и все реки, за исключением р. Виравульчай, пересыхают эпизодически. Пересыханию этих рек способствуют водозаборы и искусственные внерусловые пруды, предназначенные для орошения рисовых полей.

В питании рек бассейнов р. Виляшчая и р. Ленкоранчая снеговая составляющая стока достигает 6%, а доля подземной составляющей стока возрастает до 27 %. Это способствует тому, что пересыхание рек в указанных бассейнах наблюдается лишь в самые засушливые годы.

В бассейне оз. Севан (Гекча) реки, стекающие с Севанского хребта, характеризуются малой водностью. Некоторые из них в летний период не доходят до озера [Ресурсы поверхностных..., 1973]. Следует отметить, что в этом районе не всегда пересыхание рек вызывается естественными причинами. Нередко отсутствие стока является результатом совместного влияния естественных и антропогенных факторов. В отдельные месяцы вегетационного периода практически весь естественный сток некоторых рек забирается для орошения сельскохозяйственных земель [Саркисян, 1984]. Например, водозаборы на р. Бахтак составляют до 98%, на р. Тохлуджа — до 92%. Продолжительность пересыхания на этих реках, как правило, не превышает 60 дней.

В период зимней межени на небольших реках, например, р. Корсучай, р. Варданав, р. Ташир может наблюдаться перемерзание русел. В некоторые годы на реках района могут формироваться заторы и зажоры льда, вызывающие подъем уровней воды в период снеготаяния. На ряде рек Армянского нагорья в отдельные годы заторные уровни могут превышать максимумы весеннего половодья. Такие явления отмечались на р. Арцванист у с. Арцванист и на р. Дзыкнагет у с. Цовагюх 22 декабря 1956 года. На р. Аргичи у с. Геташен Верин 17 апреля 1968 года также наблюдались заторы [Водные ресурсы..., 1988].

## **2.2. Годовой сток и его внутригодовое распределение**

Большое разнообразие природных условий рассматриваемого района предопределяет разнообразие в формировании речного стока, что вызывает большие трудности при обобщении данных о речном стоке. Распределение стока рек на территории Азербайджана, Армении и Грузии наглядно отражают созданные ранее карты среднего годового стока [Зайков, 1946; Валесян, 1955; Важнов, 1956; Рустамов, 1960; Владимиров и др., 1974; Рустамов и Кашкай, 1989; Мусаелян, 1989; Водные ресурсы..., 1988 и др.].

Как показали исследования, в верхних зонах Главного Кавказского хребта в пределах бассейна р. Куры

среднегодовое количество осадков составляет 50-60 л/с·км<sup>2</sup>, в ее юго-восточной оконечности достигает 20-30 л/с·км<sup>2</sup> [Владимиров и др., 1974]. На реках бассейна Каспийского моря среднегодовые модули стока наиболее крупных рек Куры, Кция-Храми и Алазани составляют от 5,0 до 50 л/с·км<sup>2</sup>. Малые реки Малого Кавказа (р.р. Ташир, Вера, Алгети, Джагир и др.) отличаются низкой водностью, их среднегодовые модули стока достигают 1-5 л/с·км<sup>2</sup> [Водные ресурсы..., 1988]. По всей остальной территории бассейна Куры среднегодовые модули стока не превышают 20-30 л/с·км<sup>2</sup>. Наиболее засушливым районом является Аразская низменность, которая занимает центральную часть Азербайджана и характеризуется крайне неблагоприятными условиями формирования стока. Низменность расположена в пределах абсолютных высотных отметок от -28 до 200 м. Модуль среднегодового стока здесь повсеместно не превышает 0,5 л/с·км<sup>2</sup> и уменьшается с запада на восток. В прибрежной части Каспийского моря сток почти прекращается. Очень низкими модулями стока отличаются также реки Апшерон-Гобыстанского района, в частности река Джейранкечмес — ст. Сангачал — модуль 0,14 л/с·км<sup>2</sup>, река Пирсаат — с. Пирсаат — 1,01 л/с·км<sup>2</sup>, река Сумгайтчай — с. Перекишкюль — до 1,12 л/с·км<sup>2</sup>. Низкими годовыми модулями стока 1,0-0,5 л/с·км<sup>2</sup> характеризуются и реки северной части Ленкоранской природной области, где осадки за год не превышают 150-300 мм, а испаряемость больше 1200 мм. Отклонения годового модуля стока ряда рек от общей закономерности объясняются физико-географическими условиями конкретных речных бассейнов, главным образом аональными особенностями водосборов. Примером служат реки карстовой зоны, где возрастает подземный водообмен, резко нарушающий общую закономерность изменения стока. Исключительно аональной является р. Севджур. В Ахуряно-Казахском районе, где протекает р. Севджур, на р. Кукасян — с. Красар среднегодовой модуль стока составляет 19,0 л/с·км<sup>2</sup>, тогда как на р. Карангу — с.

Карибджанян, его значение составляет  $1 \text{ л/с-км}^2$ . Столь большие различия вызваны распространением карста в бассейне р. Карангу. Норма стока имеет тенденцию к увеличению с повышением высоты водосбора, достигая максимальных значений на границе питания ледников. Выше этой границы сток уменьшается и на высоте 3950-4000 м падает до нуля.

Из рек бассейна р. Куры, расположенных в Армении, наибольшей водностью обладают реки, стекающие с северных и северо-восточных склонов Базумского и частично Памбакского хребтов. На высоте 3000 м среднегоголетний модуль годового стока рек Дзорает, Агстев (притоков нижнего течения рек Памбак и Дебед) достигает  $28-30 \text{ л/с-км}^2$ . В северных районах пониженной водностью выделяется р. Гетик (Тарса-чай) ( $17 \text{ л/с-км}^2$ ). В пределах Армянского нагорья относительно высокой водностью обладают также восточные склоны Зангезурского хребта (в его южной части) и юго-западные склоны Гегамского хребта. В бассейне р. Вохчи и нижнем течении р. Воротан в зоне от 2000 до 3000 м модуль стока увеличивается от 12 до  $24 \text{ л/с-км}^2$ . Территория, расположенная к северо-западу от р. Раздан, включающая массив горы Арагац, Араратскую равнину, Апаранское и Ширакское плато, верхнее течение р. Ахурян, а также расположенные к северу от Арагаца склоны окружающих гор, имеет относительно низкую водность. Средний модуль стока на высоте 2000 м здесь равен  $7-9 \text{ л/с-км}^2$ , а на высоте 3000 м  $19 \text{ л/с-км}^2$ . В Араратской котловине и в долине р. Аракс (Араз) модуль снижается до  $0,5 \text{ л/с-км}^2$ . В восточной части Армении, в бассейне р. Арпы и верхнем течении р. Воротан водность рек почти такая же, как и на западных склонах Гегамского хребта. По сравнению с остальной территорией Армении в бассейне оз. Севан водность рек ниже. На склонах Гегамского хребта на высоте 2000 м модуль стока составляет  $4 \text{ л/с-км}^2$ , а на высоте 3000 м увеличивается до  $20 \text{ л/с-км}^2$ . На противоположных юго-западных склонах Арегунийского хребта модуль стока равен соответственно  $4 \text{ л/с-км}^2$  и  $16 \text{ л/с-км}^2$  [Важнов, 1956].

Средний годовой сток рек бассейна р. Куры на территории Азербайджана изменяется в больших пределах, почти от 0 до 45 л/с·км<sup>2</sup>. В распределении стока по территории обнаруживается большая неравномерность. Наибольшая водность наблюдается в высокогорной зоне южного склона Большого Кавказа, где модуль среднего годового стока превышает 45 л/с·км<sup>2</sup>. С понижением высоты местности до выхода рек на Ганых-Агричайскую долину модуль стока уменьшается до 5 л/с·км<sup>2</sup>. На северо-восточном склоне Большого Кавказа в верхней части рек Кусарчай, Кудилчай, Карачай и Вельвеличай значения среднемноголетних модулей годового стока изменяются в пределах 9,5-19 л/с·км<sup>2</sup>. Южнее этих рек до р. Атачай средний годовой модуль стока составляет 1-5 л/с·км<sup>2</sup>.

По характеру распределения стока на территории Малого Кавказа выделяются четыре района: северо-восточный склон; северо-восточный склон юго-восточной части; юго-западный склон Зангезурского хребта (Нахичеванская АР) и юго-западный склон юго-восточной части Малого Кавказа и Карабахское нагорье. Первые две части охватывают правые притоки р. Куры и прилегающие к ней районы, а вторые две части — это левые притоки р. Аракс (Араз) и прилегающие к ней районы. Наибольшая водность наблюдается на высоте свыше 3000 м и достигает 25-28 л/с·км<sup>2</sup>. На территории северо-восточного склона (от р. Акстафачай до р. Инджачай) наибольшие значения среднего годового стока (18-20 л/с·км<sup>2</sup>) приурочены к полосе наибольших высот, а наименьшие (менее 0,5 л/с·км<sup>2</sup>) к Гянджа-Газахской наклонной равнине. Значение модуля стока с запада на восток увеличивается. Наибольшее его значение (около 20 л/с·км<sup>2</sup>) наблюдается в истоках р. Тертер (северо-восточный склон юго-восточной части) и ее притоков. Восточнее р. Тертер (реки Хачинчай и Каркарчай) модуль стока вновь уменьшается и не превышает 6 л/с·км<sup>2</sup>.

Нахичеванская Автономная Республика является одним из маловодных районов. Средний годовой модуль стока здесь изменяется от 0,5 до 10 л/с·км<sup>2</sup>. Наибольшее значение модуля приурочено к верховьям рек, протека-

ющих восточнее р. Гилянчай. Значение среднегодового стока рек, стекающих со склонов Даралагезского хребта, изменяется в пределах 2-6 л/с·км<sup>2</sup>. В крайней северо-западной части территории в бассейнах рек Чанахчи и Багырсагдара модуль среднегодового стока колеблется в пределах от 0,5 до 3-4 л/с·км<sup>2</sup>. На при араксинских равнинах модуль годового стока рек повсеместно меньше 1-0.5 л/с·км<sup>2</sup>. В прилегающей к р. Аракс полосе средне-многолетний годовой модуль стока уменьшается почти до нуля.

Распределение среднего годового стока в Ленкоранской природной области носит более сложный характер. Это обусловлено главным образом орографическими условиями территории, создаваемыми продольными хребтами. Здесь в распределении стока прослеживаются две закономерности. Первая характерна для речных бассейнов Буроварского хребта, где, как и в остальной части республики, сток с высотой возрастает. Вторая закономерность присуща только рекам, стекающим с Талышского хребта, где сток со средней высотой убывает. Например, в бассейне р. Ленкоранчай годовой сток сначала увеличивается от 19 л/с·км<sup>2</sup> до 25 л/с·км<sup>2</sup>, а далее уменьшается почти до 3 л/с·км<sup>2</sup>.

В конце 90-х годов XX века на основании данных наблюдений за стоком рек Закавказья установлены зависимости месячного и сезонного стока от средней высоты водосбора. Эти зависимости, носящие локальный характер, положены в основу выделения районов с однотипным внутригодовым распределением стока рек. Всего по Закавказью выделен 41 такой район, из них 27 находятся в бассейне Куры [Водные ресурсы..., 1988].

**В Грузии**, на реках южного склона Главного Кавказского хребта, весенний сток с увеличением высоты уменьшается от 63 до 42 %. Это вызвано режимом таяния снега. В частности, весной снег начинает раньше таять на более низких отметках водосбора, сохраняясь еще на более высоких уровнях. В летне-осенний период сток с высотой возрастает, что обусловлено таянием в летние месяцы снежного покрова на более высоких от-

метках водосбора, в то время как в низких зонах снег уже весь сошел. Кроме того, это связано с увеличением осадков с высотой водосбора. Зимой сток с высотой незначительно уменьшается. В бассейне р. Алазани сток за весну увеличивается до высоты 1800 м, а затем начинает уменьшаться. Сток за летне-осенний сезон с высотой возрастает, зимой до отметки 1800 м наблюдается его уменьшение, а выше — незначительное увеличение. Весной сток рек западного и северного склонов Тriaлетского хребта увеличивается до высоты 1700 м, а затем начинает уменьшаться. За летне-осенний период сток сначала до той же высоты уменьшается, а затем возрастает, находясь в пределах 19-30 %. В бассейне р. Кция-Храми весной сток с высотой довольно резко уменьшается до 34 %. В бассейне р. Паравани влияние высоты затушевывается геологическим строением водосбора. Общей характерной особенностью Джавахетского нагорья являются обильные выходы родниковых вод.

Для рек *Армении* по зависимостям стока от высоты выделено 9 районов. В Ахурян–Казахский район входят притоки верхнего течения р. Ахурян, реки Карангу и Казах с притоками, а также р. Севджур. Для бассейна р. Ахурян характерно увеличение стока весеннего половодья с высотой и уменьшение летне-осеннего и зимнего стока. Для правобережных притоков р. Раздан доля весеннего стока значительна (74–80 %), летне-осенний сток составляет 16 %, зимний 4–10 %. Для левобережных притоков доля весеннего стока резко уменьшается до 40–47 %, а зимнего увеличивается до 28 %, что связано с обилием родников. В Веди-Азатском районе за весну проходит 60–70 % годового стока и с высотой он уменьшается. Доля стока зимнего и летне-осеннего периода с высотой увеличивается с 20 до 29 и с 8 до 25 % соответственно. На реках Арпинского района отмечается высокая зарегулированность стока и незначительное изменение его с высотой.

На территории *Азербайджана* для рек северо-восточного и юго-восточного склонов Большого Кавказа

сток половодья с высотой местности уменьшается с 56 до 42 %, а в летне-осенний период возрастает с 16 до 52 %. Зимой сток с высотой уменьшается незначительно. На реках Малого Кавказа в пределах Азербайджана сток в период весеннего половодья уменьшается с высотой с 67 до 46 % годового стока. В летне-осенний и зимний периоды сток увеличивается от 26 до 40 %. В пределах средневысотной зоны рек Нахичеванского района весной проходит основная часть годового стока (65–70 %), за летне-осеннюю межень 20–25 % годового стока, за зимнюю межень 10–15 %. В Кендаланчайском районе сезонный и месячный сток мало изменяется с высотой. По характеру внутригодового распределения стока в Ленкоранском районе выделено два подрайона [Рустамов, Кашкай, 1989]:

1. северная часть и верховья рек Виляшчай и Ленкоранчай;
2. южная часть.

В период половодья сток рек первого подрайона с высотой уменьшается, а второго увеличивается. За период зима-весна (январь-май) сток рек Ленкоранского района с высотой уменьшается с 65 до 58 %, в летний период увеличивается с 3 до 18 %. Влияние высоты местности сказывается не только на сезонном и среднем месячном стоке, но и естественной зарегулированностью стока рек. Для большинства рек коэффициент естественной зарегулированности стока с высотой увеличивается, а кривая продолжительности суточных расходов воды приобретает более пологую форму.

### 2.3. Водные ресурсы рек

Объем водных ресурсов по бассейну р. Куры составляет: бассейн р. Куры без Аракса 16,8 км<sup>3</sup>, бассейн р. Аракс (Араз) — 9,1 км<sup>3</sup>. Следует отметить, что из них объем в 1,3 км<sup>3</sup> в бассейне Куры и 3,4 км<sup>3</sup> в бассейне реки Аракс (Араз) формируются на территории Турции и Ирана. Отток по этим двум речным бассейнам отдель-

но составляет соответственно 11,8 и 5,8 км<sup>3</sup> (всего 17,6 км<sup>3</sup>). По закавказской части бассейна р. Куры местный сток составляет 21,2 км<sup>3</sup>, приток из Турции и Ирана 4,7 км<sup>3</sup> и общие ресурсы 25,9 км<sup>3</sup> [Водные ресурсы..., 1988]. Водные ресурсы бассейна р. Куры на территории Армении и Грузии оценивались главным образом по литературным источникам (табл. 2.2). Данные несколько разноречивые. По данным Гидроэнергетики, общие водные ресурсы (поверхностные и подземные) Армении оцениваются в 11,7 км<sup>3</sup> [Гидроэнергетика..., 1982]. По данным Валесяна Л.А. эти ресурсы составляют 9,0 км<sup>3</sup> [Валесян, 1955], в гидрогеологических изданиях — 7 км<sup>3</sup> [Гидрогеология, 1968]. Местные водные ресурсы Армении составляют 6,24 км<sup>3</sup>, трансграничный приток 2,08 км<sup>3</sup> и общие водные ресурсы 8,32 км<sup>3</sup> [Водные ресурсы..., 1988]. Среднемноголетний поверхностный сток рек Армении с учетом естественного стока из оз. Севан и половинной доли стока рек Аракс (Араз) и Ахурян составляет 7,015 км<sup>3</sup>. Общие эксплуатационные запасы подземных вод можно принять порядка 0,8 км<sup>3</sup>. Таким образом, общие водные ресурсы Армении, с учетом половинной доли стока пограничных рек и подземных вод, составляют в год средней водности 7,815 км<sup>3</sup>, в год 75%-ой обеспеченности 6,76 км<sup>3</sup> и в год 95%-ой обеспеченности 5,6 км<sup>3</sup> [Мусаелян, 1989].

Непосредственно на территории республики Азербайджан формируется сток в объеме 7,81 км<sup>3</sup>. С соседних территорий Грузии и Армении, России, Турции и Ирана поступает 20,3 км<sup>3</sup> воды [Водные ресурсы..., 1988]. Средний многолетний годовой сток пограничной с Россией реки Самур составляет 2,366 км<sup>3</sup>. Суммарные ресурсы речных вод, непосредственно впадающих в Каспийское море (без бассейнов рек Куры и Самура) составляют 3,13 км<sup>3</sup>. Сток рек, непосредственно формирующихся в пределах республики (местный сток), равен 10,3 км<sup>3</sup>. Ресурсы речных вод Азербайджана с учетом притока (20,6 км<sup>3</sup>) с сопредельной территории равны 30,9 км<sup>3</sup> [Рустамов, Кашкай, 1989].

Таблица 2.2. Элементы водного баланса Азербайджана и Армении [Водные ресурсы..., 1988]

Страна	Автор, год	Площадь, тыс.км <sup>2</sup>	Осадки, км <sup>3</sup> мм	Сток, км <sup>3</sup> /мм			Испарение, км <sup>3</sup> мм	Инфильтрация, км <sup>3</sup> мм
				суммарный	поверхностный	подземный		
Азербайджан	Зак. НИИ, 1983	86,6	$\frac{35,1}{40,5}$	$\frac{7,81}{90}$	$\frac{4,81}{56}$	$\frac{3,00}{35}$	$\frac{27,3}{315}$	$\frac{14,8}{171}$
	ГГИ, 1967		$\frac{53,3}{616}$	$\frac{8,71}{101}$	$\frac{6,46}{75}$	$\frac{2,25}{26}$	$\frac{44,6}{515}$	$\frac{46,8}{541}$
	ГГИ, 1977		$\frac{38,4}{443}$	$\frac{8,0}{92}$			$\frac{30,4}{351}$	
	С. Г. Рустамов и др., 1978		$\frac{36,9}{426}$	$\frac{10,3}{119}$	$\frac{5,9}{68}$	$\frac{4,4}{51}$	$\frac{26,6}{307}$	
Армения	Зак. НИИ, 1983	29,8	$\frac{17,4}{583}$	$\frac{6,24}{209}$	$\frac{2,34}{79}$	$\frac{3,9}{131}$	$\frac{11,2}{376}$	$\frac{9,77}{328}$
	ГГИ, 1967		$\frac{20,2}{678}$	$\frac{6,50}{218}$	$\frac{5,16}{173}$	$\frac{1,34}{45}$	$\frac{13,7}{460}$	$\frac{15,0}{505}$
	ГГИ, 1977		$\frac{17,3}{582}$	$\frac{7,20}{424}$			$\frac{10,1}{340}$	
	А.М.Мхитарян и др., 1969		$\frac{18,5}{620}$	$\frac{6,26}{210}$			$\frac{12,2}{410}$	

Как показали расчеты, водный баланс бассейна реки Куры для среднего по водности года с учетом всех водозаборов характеризуется величинами: **осадки 556 мм (104,5 км<sup>3</sup>) речной сток 152 мм (28,6 км<sup>3</sup>), из которых 87 мм (16,31 км<sup>3</sup>, 57%) приходится на долю поверхностного, 65 мм (12,3 км<sup>3</sup>, 43%) — на долю подземного стока.** Средний многолетний годовой модуль стока для всего бассейна в целом составляет 8 л/ (с·км<sup>2</sup>). Суммарное испарение в бассейне равно 404 мм или 75,89 км<sup>3</sup>. Коэффициент стока до впадения р. Аракс (Араз) в р. Куру изменяется в пределах 0,30-0,34, а для всего бассейна он равен в среднем 0,27 (табл. 2.3) [Рустамов, Кашкай, 1978].

Водный баланс бассейна р. Аракс по структуре имеет некоторые отличия от водного баланса собственно бассейна р. Куры. Среднегодовое количество выпадающих здесь осадков составляет **475 мм (48,4 км<sup>3</sup>)**, из **которых 387 мм (39,4 км<sup>3</sup>)** расходуется на испарение. Годовой объем стока р. Аракс (Араз), несмотря на большую, чем у р. Кура площадь водосбора, более чем в два раза меньше годового объема стока собственно бассейна р. Куры. Это наиболее ярко видно из значений коэффициентов стока, среднее значение которых для всего бассейна р. Аракса (Араз) равно 0.18.

Таблица 2.3 Водный баланс бассейна р. Куры и отдельных его участков [Рустамов, Кашкай, 1978]

Бассейн и участки	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>		Атмосферные осадки		Речной сток			Составляющие стока				Испарение		Коэффициент стока
								поверхностный		подземный				
	мм	км <sup>3</sup>	мм	м <sup>3</sup> /с	км <sup>3</sup>	мм	км <sup>3</sup>	мм	км <sup>3</sup>	мм	км <sup>3</sup>			
Кура—устье р.Храми	35,8	848	30,4	254	288	9,08	145	5,18	109	3,90	594	21,32	0,30	
Кура—устье р.Шамкирчай	41,7	827	34,5	246	326	10,28	140	5,86	106	4,42	581	24,22	0,30	
Кура—Мингечаур	62,6	843	52,8	265	528	16,62	151	9,47	114	7,15	578	33,18	0,31	
Кура—до впадения р.Аракс	86,0	663	57,0	228	623	19,63	130	11,19	98	8,44	435	37,37	0,34	
Кура с Араксом	188	556	104,5	152	908	28,61	87	16,31	65	12,3	404	75,89	0,27	
Аракс (Араз)—госграница с Турцией	46,2	594	27,4	104	153	4,82	57	2,65	47	2,17	490	22,58	0,18	
Аракс — створ гидроузла	49,2	636	31,3	123	192	6,04	68	3,32	55	2,72	513	25,26	0,19	
Аракс — устье	102	475	48,4	88	285	8,98	48	4,94	40	4,04	387	39,42	0,18	

Средняя многолетняя годовая сумма осадков, выпадающих на территории Азербайджана, составляет 427 мм. По воднобалансовым расчетам суммарное испарение составляет 308 мм, а местный сток 119 мм, т.е. испарение в 2,6 раза превышает сток [Рустамов, Кашкай, 1989].

Водный баланс части бассейна р. Куры в Армении для среднего по водности года имеет вид: осадки 18,482 км<sup>3</sup> [Александрян, 1971], испарение — 8,863 км<sup>3</sup> (48,0%) [Мовсесян, 1981], поверхностный сток — 4,684 км<sup>3</sup> (25,3%). Подземный приток в реки в виде родников составляет 1,771 км<sup>3</sup> (9,6%), в виде вод, дренируемых руслами рек 1,164 км<sup>3</sup> (6,3%), поступающих в артезианские бассейны — 1,525 км<sup>3</sup> (8,2%). За пределы республики подземным путем уходит объем, составляющий 0,475 км<sup>3</sup> (2,6%) [Мусяелян, 1989]. В Грузии, в бассейне Куры общие водные ресурсы рек составляют 11,6 км<sup>3</sup>, из них 9,4 км<sup>3</sup> приходится на местный сток и 2,1 км<sup>3</sup> на приток из сопредельных территорий [Владимиров и др., 1974].

## 2.4. Использование водных ресурсов

**Азербайджан.** Основную часть водных ресурсов страны составляют воды трансграничных рек, что создает проблемы при удовлетворении потребностей различных водопользователей. Следует отметить, что в пределах самой республики достаточно высоки потери воды в ирригационных каналах и системах водоснабжения. Эти потери составляют порядка 34,2% от водозаборов. Только 65,8% забираемой воды из водных источников доставляется водопотребителям (табл. 2.4). Главным водопользователем в Азербайджане является сельское хозяйство, использующее в 2013 году 69,8 % забираемых из водных источников вод, промышленность использовала в этот же год 25,0% водозаборов. Основные потери воды происходят в сельском хозяйстве. Анализ официальных данных по учету водопользования показывает, что за 1990-2013 гг. годовой объем водозаборов составил 16,2–12,5 км<sup>3</sup> (табл. 2.4). Водозаборы из подземных источников составили 1,54-0,51 км<sup>3</sup>. За указанный период объем во-

дозаборов уменьшился примерно в 1,3 раза, что вызвано экономическими реформами, проводимыми в различных секторах экономики, тарифами водопользования и экономным использованием воды.

Таблица 2.4. Динамика водопользования в Азербайджане, млн м<sup>3</sup>, [www.stat.gov.az]

№	Сектора экономики	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	
1	Общий объем водозаборов из источников воды	16176	13971	11110	12050	11566	11779	12484	12509	
2	Объемы водопользования	12477	10223	6588	8607	7715	8012	8249	8229	
2.1	Сельское хозяйство	8627	7720	3819	5710	5497	5746	5772	5746	
2.2	Промышленность	3418	2173	2316	2360	1742	1760	2098	2056	
2.3	Коммунально-бытовые воды	402	327	449	521	405	397	279	311	
3	Потери воды	млн м <sup>3</sup>	4206	3747	3053	3462	3852	3767	4236	4280
		%	26.0	26.8	27.5	28.7	33.3	32.0	33.9	34.2

В местных реках основная часть стока происходит в весенний период, и, поскольку режим большинства рек не регулируется, паводковые воды используются не рационально. Только 10-15% этих вод используются для орошения в вегетационный период. В летний период объемы водозаборов из рек резко увеличиваются. Вследствие этого водность рек снижается, а некоторые реки ниже водозаборов пересыхают. В эти месяцы расходы воды составляют примерно 10% от годового объема речного стока.

Общий объем водохранилищ составляет 21,5 млрд м<sup>3</sup>. Основная часть этих вод используется для орошения и гидроэнергетики. Общая площадь земель, пригодных для сельского хозяйства, оценивается в 4,75 млн га. Из них 1,84 млн га составляют посеvy, 2,68 млн га пастбища и

0,23 млн га многолетние травы. Все это составляет около 55% общего земельного фонда страны. Площадь орошаемых земель составляет 1,45 млн га и из них 0,83 млн га находится в бассейне реки Куры, а 0,32 млн га в бассейне р. Аракса (Араз). В 2013 году общий объем водопользования в промышленности составил 2,056 км<sup>3</sup> (рис. 2.13). В городах Мингечаур и Ширван для технических целей было использовано соответственно 1576 и 547 млн м<sup>3</sup>. В этих городах вода в основном используется для охлаждения агрегатов ТЭС. В г. Гяндже и г. Шеки в промышленности использовано по 4 млн м<sup>3</sup> воды. Для алюминиевого завода в г. Гянджа проведен специальный водопровод, который забирает из Куры 0,2 м<sup>3</sup>/с воды.

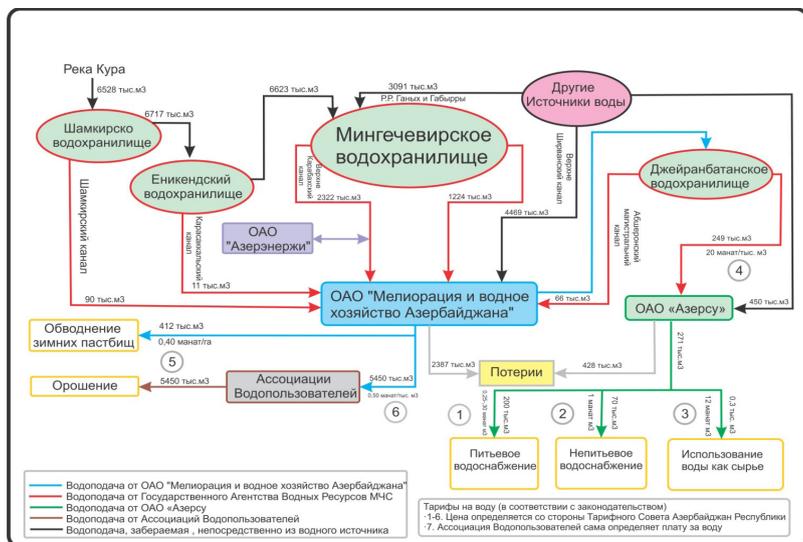


Рис. 2.13. Схема водопользования в Азербайджане (2013 г.) (ОАО Мелиорации и Водного хозяйства)

В 2014 году в Азербайджане было произведено 24,7 млрд. кВт/ч электроэнергии. Из этого количества 5,3 % (1,3 млрд кВт/ч) приходилось на долю ГЭС. С учетом гидроэнергетического потенциала в Азербайджане ежегодно можно производить 6 млрд кВт/ч. Это означает, что в буду-

щем в гидроэнергетике водопользование увеличится. Ежегодно рыбное хозяйство использует около 1,5-2,0 км<sup>3</sup> воды.

### **Армения**

Водные ресурсы в основном используются для орошения, коммунально-бытового водоснабжения, производства электроэнергии, обводнения пастбищ, а также для рыбного хозяйства и в рекреационных целях (табл. 2.5). В 1920 г. площадь орошаемых земель Армении составляла 60 тыс. га, а к 1990 г. увеличилась до 320 тыс. га. Однако в последующие годы эти площади уменьшились: 1998 г. составили 188 тыс. га. и в 2005 г. — 218 тыс. га. В 2011 г. для удовлетворения потребностей сельского хозяйства было использовано 1.44 км<sup>3</sup> воды. Ожидается, что в 2020 г. эта цифра составит 3,66 км<sup>3</sup> [UNDP/GEF, 2006].

Таблица 2.5. Водопользование в Армении и Грузии млн м<sup>3</sup>, (2011 г.) [UNDP/GEF, 2013]

Цели водопользования	Армения		Грузия	
	млн м <sup>3</sup>	%	млн м <sup>3</sup>	%
Общий объем водозаборов из источников воды	2,438.3	100.0	935.3	100.0
Из подземных источников	1,002.8	41.1	448.3	14.3
Объемы водопользования	1,738.1	100.0	784.9	100.0
Сельское хозяйство	1,444.5	83.1	114.4	14.6
Промышленность	218.8	12.6	207.0	26.4
Коммунально-бытовые воды	74.8	4.3	463.5	59.0
Потери воды	700.2	28.7	150.4	19.7

В 1997 году общая площадь земель, пригодных для сельского хозяйства оценивалась в 1391,4 тыс. га. Из них 493,3 тыс. га составляли посевы, 694 тыс. га — пастбища и 63,8 тыс. га — многолетние травы. Таким образом, пастбища занимают почти половину земель, пригодных для сельского хозяйства. Их площадь резко возросла после 1960 года. Если в 1960 году площадь пастбищ составляла 38,2 тыс. га, то в 1985 году уже достигла 493 тыс. га. В 2000 году количество питьевой воды на душу населе-

ния в сутки составило 134 литров. Для этой цели за год было использовано 215,5 млн м<sup>3</sup> воды. По прогнозам, к 2020 году эта цифра достигнет 600 млн м<sup>3</sup>.

В промышленности используются как поверхностные, так и подземные воды. В последние годы, в связи экономическими трудностями, водопотребление в промышленности значительно снизилось. Если в 1985 году промышленным сектором было использовано 325 млн м<sup>3</sup> воды, то в 2011 году эта цифра уменьшилась до 207 млн м<sup>3</sup>. Порядка 40% водоемких промышленных предприятий находятся в Ереване. Крупнейшим водопользователем является Армянская атомная электростанция, ежегодная потребность которой составляет 35 млн м<sup>3</sup> воды. На долю ГЭС приходится 23% произведенной электроэнергии. Планируется строительство 350 малых ГЭС [UNDP/GEF, 2006]. Ежегодно для нужд рыбного хозяйства забирается 135 млн м<sup>3</sup> пресной воды, из которой порядка 30% теряется на испарение.

### *Грузия*

Восточные регионы Грузии расположены в бассейнах рек Кура, Алазани и Иори. Общая площадь этой территории составляет 35700 км<sup>2</sup>, из которой 4217,8 км<sup>2</sup> пригодны для сельского хозяйства. Водные ресурсы в основном используются для орошения. В настоящее время площадь орошаемых земель составляет 1650 км<sup>2</sup>, т.е. 39,1% от земель пригодных для сельского хозяйства. В период 1990-2003 гг. площадь орошаемых земель уменьшилась с 3700 км<sup>2</sup> до 1670 км<sup>2</sup>. Соответственно снизилось и водопользование в сельском хозяйстве: 1979 году забиралась 1570 млн м<sup>3</sup>, а в 2011 году 114,4 млн м<sup>3</sup>.

При финансовой поддержке Мирового Банка в 2001-2013 годах осуществлялся проект по развитию ирригационных и дренажных систем в Грузии. В первой фазе этого проекта предусматривалась реконструкция ирригационных и дренажных систем на территории с площадью 18000 га [UNDP/GEF, 2006]. После реконструкции Нижне-Алазанской оросительной системы ожидается доведение орошаемых площадей до 20000 га. Для этой цели планируются дополнительные водозаборы из реки Алазани в объеме 22

м<sup>3</sup>/с. По соглашению между бывшим Государственным комитетом Азербайджана по мелиорации и водному хозяйству и Департаментом по управлению мелиоративными системами Грузии от 1993 года ежегодно в Грузии в озеро Джандаргель перебрасывается 70 млн м<sup>3</sup> воды [UNDP/GEF, 2006]. За последние 10 лет в Грузии в бассейне Куры использование воды в промышленности уменьшилось с 1534 млн м<sup>3</sup> до 200 млн м<sup>3</sup>. Для питьевого водоснабжения ежегодно забирается 620 млн м<sup>3</sup>. Из них 90% используется городским и 10% — сельским населением. Главным источником питьевого водоснабжения (до 80%) являются подземные воды. На р. Куре и ее притоках построены ГЭС [Паравани, Потсхови, Лиахви, Храми и др.].

### *Иран*

В иранской части бассейна реки Аракс (Араз) проживает 2,6 млн населения. Здесь земли, пригодные для сельского хозяйства, составляют 636 тыс. га. Орошаемые территории находятся на Муганской равнине (90 тыс. га) и в районах вдоль реки Аракс. Водные ресурсы в основном используются для орошения. Это количество воды в год составляет в среднем 3270 млн м<sup>3</sup>. Из этого объема 2277 млн м<sup>3</sup> приходится на поверхностные и 993 млн м<sup>3</sup> на подземные воды. Здесь в качестве питьевой воды в основном используются подземные воды [UNDP/GEF, 2006]. На реке Аракс (Араз) Иран построил Худаферинское водохранилище с общим объемом 1612 млн м<sup>3</sup> и полезным объемом 1495 млн м<sup>3</sup>. Воды этого водохранилища позволяют орошать 75 тыс. га земель. Построена ГЭС мощностью 200 мВт. Ниже Худаферинского водохранилища строится другое водохранилище — Кыз Галасы, с объемом 62 млн м<sup>3</sup>. Мощность проектируемой ГЭС должна составить 80 мВт.

## **2.5. Инфраструктура водного хозяйства**

В бассейне Куры существует развитый водохозяйственный комплекс, который регулирует и распределяет речной сток. Инфраструктура этого комплекса состоит

из водохранилищ, гидроузлов, ирригационных каналов, коллекторно-дренажной сети, насосных станций, артезианских скважин и других гидротехнических сооружений.

### **Водоохранилища**

**В Армении** построено около 74 водохранилищ общим объемом 988 млн м<sup>3</sup>. Планируется строительство еще 13-ти водохранилищ. Самое большое водохранилище на территории Армении Ахурянское, объемом 525 млн м<sup>3</sup>. Оно построено совместно с Турцией и его воды используются для орошения 60 тыс. га земель Армении и земель Игдырской долины в Турции. Кечутское водохранилище предназначено для переброски стока р. Арпачай (40% годового стока) в оз. Севан (Гекча). Река Воротан протекает всего на расстоянии 7-8 км юго-восточнее от верхнего течения р. Арпачай. Учитывая это, на р. Воротан было построено Спандарянское водохранилище, из которого вода через туннель перебрасывается в бас. р. Арпачай, а **В Грузии** в бассейне Куры построено 43 водохранилищ с объемом 2,01 км<sup>3</sup> и площадью более 107,2 км<sup>2</sup>.

**В Азербайджане** построено около 140 водохранилищ. Мингечаурское водохранилище является самым крупным. Помимо снабжения страны энергией, водохранилище играет большую роль в решении проблемы орошения земель Кура-Аразской низменности, которая является основным сельскохозяйственным районом. Данное сооружение в значительной степени уменьшило опасность от наводнений для прилежащих территорий. После введения в эксплуатацию водохранилище заполнялось довольно долго, в 1959, 1963, 1973, 1975, 1976, 1978 и 1988 гг. Совместно с Азербайджаном и Ираном с целью развития гидроэнергетики и орошения на реке Аракс (Араз) построено Аразское водохранилище. Водопропускная способность гидроузла составляет 3135 м<sup>3</sup>/с. Водоохранилище обеспечивает оросительной водой более 400 тыс. га земель в Азербайджане и Иране. На гидроэлектростанции Араз было установлено 4 турбины, по 2 на территории каждой из стран.

**В Иране** только в бассейне р. Карасучай построено 46 водохранилищ с общим объемом 403 млн м<sup>3</sup>. Планируется строительство еще 6 малых водохранилищ общим объемом 5 млн м<sup>3</sup>. Параметры крупных водохранилищ бассейна р. Куры представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Основные характеристики крупных водохранилищ

№	Название водохранилищ	Страна	Год сдачи в эксплуатацию	Бассейн реки	Полный объем, млн м <sup>3</sup>	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>
1	Мингечаурское	Азербайджан	1953	Кура	15730	605
2	Шамкирское	Азербайджан	1983	Кура	2677	115
3	Аразское	Азербайджан	1971	Араз	1350	145
4	Еникендское	Азербайджан	2000	Кура	158	22,61
5	Варваринское	Азербайджан	1952	Кура	62	21,4
6	Сарсангское	Азербайджан	1976	Тертер	565	13,85
7	Жинвальское	Грузия	1986	Арагви	348	-
8	Сионское	Грузия	1963	Иори	325	10,4
9	Цалкинское	Грузия	1946	Храми	313	33,7
10	Самгорское	Грузия	1953	наливное	308	11,6
11	Ахурянское	Армения	1981	Ахурян	525	42
12	Спандарянское	Армения	1989	Воротан	157	12
13	Арпиличское	Армения	1951	Ахурян	105	22
14	Апаранское	Армения	1966	Касах	91	7,4
15	Саттарханское	Иран	1998	Ахарчай	135	-
16	Ямчи	Иран	2003	Балыглычай	82	-
17	Саваланское	Иран	2006	Карасучай	105	-
18	Куручайское	Иран	1996	Куручай	20	-
19	Неорское	Иран	-	Оз. Неор	20	-

### Гидроузлы и водозаборные сооружения

**Бахрамтепинский гидроузел** был введен в эксплуатацию в 1959 году. Целью строительства на р. Аракс (Араз) этого сложного гидроузла являлось обеспечение необходимым количеством речной воды 157 тыс. га орошаемых земель Мильской и Муганской равнин Азербайджана. Гидроузел рассчитан на пропуск 2500 м<sup>3</sup>/с воды. Из гидроуз-

ла вода подается в Главный Муганский (65 м<sup>3</sup>/с), Южный Муганский (50 м<sup>3</sup>/с) каналы и Расул-арх (16 м<sup>3</sup>/с).

**Самурский гидроузел** был введен в эксплуатацию в 1957 году. Он расположен в 31 км выше устья реки Самур, которая впадает в Каспийское море. Гидроузел в виде плотины обеспечивает подачу воды из р. Самур в Азербайджан по Самур–Апшеронскому каналу и в Дагестан (Россия) по Самур–Дербендскому каналу. Водозабор каналами составляет по 60 м<sup>3</sup>/с.

**Миль–Муганский гидроузел** был введен в эксплуатацию в 1972 году. Он был построен совместно с Ираном и обеспечивает оросительной водой 200 га сельскохозяйственных земель в Азербайджане и в Иране. Водопропускная способность гидроузла во время паводков составляет 2700 м<sup>3</sup>/сек. Вода забирается с помощью Главного Мильского, Верхнее-Мильского каналов и канала Ени-Ханкызы. Сведения об основных магистральных каналах и коллекторах приведены в табл. 2.7, 2.8 и 2.9 [Девдариани, 1986, Ахмедзаде, 2003].

Таблица 2.7. Крупные каналы Армении и Грузии

Название канала	Орошаемая площадь, га	Год ввода в эксплуатацию
<b>Армения</b>		
Арзни-Шамирамский	19058	1963
Аргашитский	17945	1932
Нижнеразданский	9020	1949
Эчмиадзинский	8291	1958
Октэмберянский	22000	1930
Ширакский	11000	1925
<b>Грузия</b>		
Машвельский	15596	1924
Тирифонский	22660	1928
Нижне-Алазанский	20381	1931
Нижне-Самгорский	28232	1945
Ташикарский	10190	1959
Верхне-Самгорский	12660	1971
Верхне-Алазанский	12660	1971

**Таблица 2.8. Основные характеристики магистральных каналов Азербайджана**

№	Название канала	Год сдачи в эксплуатацию	Источник водозабора	Длина, км	Водо-пуская способность, м <sup>3</sup> /с	Орошаемая площадь, тыс. га
1	Верхне-Карабахский	1958	Мингчевирское вдхр.	172	113	90
2	Верхне-Ширванский	1958	Мингчевирское вдхр.	123	78	100
3	Самур-Абшеронский	1940	р. Самур	182	55	90
4	Абшеронский магистральный	1956	Джейранбатанское вдхр.	73,3	9	11
5	Главный Муганский	1960	Баграмтапинский гидроузел	34	60	65
6	Главный Мильский	1977	Мильско-Муганский гидроузел	37,5	93	76

**Таблица 2.9. Основные характеристики магистральных коллекторов Азербайджана**

Название коллектора	Год сдачи в эксплуатацию	Расход воды, м <sup>3</sup> /с		Длина, км	Дренажируемая площадь, тыс. га
		макс	средний		
Главный Миль-Муганский	2001	107	65	112	103,5
Джафарханский	1950	3	2	22	8
Северная Акуша	1950	4	2	27	9
Второй Прикуринский	1952	5	3	29	15
Центральный	1953	4	2	15	8
Первый Прикуринский	1953	4	2	18	11
Имени Сабир	1953	6	4	18	17
Мугано-Сальянский	1953	54	32	104	150
Правобережный	1954	6	4	44	12
Юго-восточный	1955	5	3	30	20
Главный Ширванский	1964	44	18	216	253
Миль-Карабахский	1966	48	35	168	169

## Глава 3. ТРАНСФОРМАЦИЯ СТОКА ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК

### 3.1. Река Кура

Река Кура — самая крупная трансграничная река Кавказа, протекает по территории Турции, Грузии, Азербайджана и впадает в Каспийское море (рис. 3.1). Ее главный приток Аракс (Араз) является трансграничной рекой, в бассейне которой частично расположены территории Турции, Армении, Ирана и Азербайджана. Река Кура имеет многочисленные притоки, воды которых широко используются в различных отраслях экономики стран ее бассейна. В итоге годовой сток реки на всем ее протяжении подвергается естественной и антропогенной трансформации.

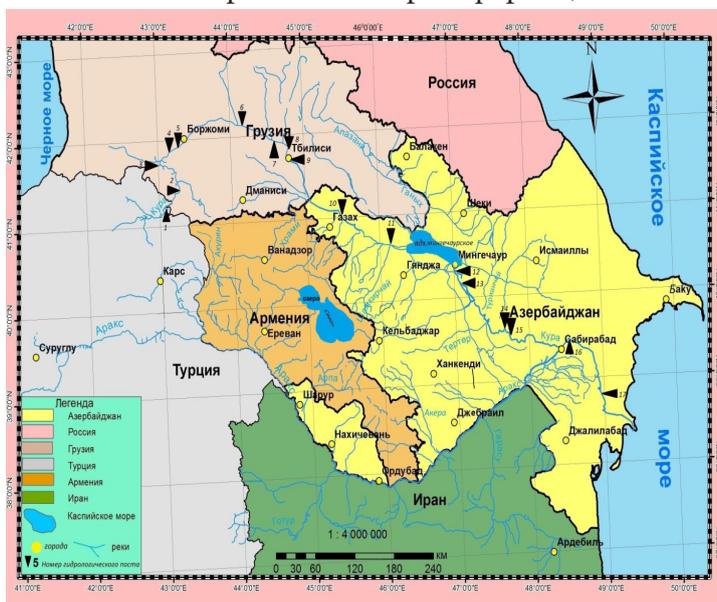


Рис. 3.1. Карта бассейна Куры с указанием гидрологических пунктов наблюдения. *Примечание: номера гидрологических станций соответствуют номерам в таблице 3.3*

Истоком р. Куры является группа родников, расположенных на северо-восточном склоне горы Кызыл-Гедик на высоте 2720 м в Турции. Длина р. Куры составляет 1515 км, а площадь водосбора 188000 км<sup>2</sup> (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Основные морфометрические характеристики Куры по странам бассейна

№	Страна	Длина реки, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	
			Без учета бассейна реки Аракс	С учетом бассейна реки Аракс
1	Турция	174	5590	27548
2	Грузия	522	34740	34740
3	Азербайджан	819	37960	56700
4	Армения	-	7710	29800
5	Иран	-	-	39212
	Всего	1515	86000	188800

В таблице 3.2 приведены некоторые морфометрические и стоковые характеристики основных притоков Куры.

Ледники и озера оказывают значительное влияние на естественную трансформацию стока по длине реки Куры. В частности, на территории Грузии имеется около 60 озер общей площадью зеркала 135,8 км<sup>2</sup>, на территории Азербайджана на Кура-Аразской низменности также расположены крупные озера — старицы, оказывающие влияние на сток. Ледники в основном находятся в Грузии — в бассейнах рек Большая Лиахви и Арагви [Водные ресурсы..., 1988]. В 1988 году в Закавказском научно-исследовательском институте по гидрометеорологии были восстановлены значения условно-естественного стока основных рек региона, в том числе и реки Куры [Водные ресурсы..., 1988]. Аналогичные расчеты для рек Азербайджана были выполнены и другими авторами [Шикломанов, Фатуллаев, 1983, Рустамов, Кашкай, 1989, Фатуллаев, 2002]. На рисунке 3.2 представлен график изменения условно-естественного и наблюдаемого стока по длине Куры, построенный по расчетным данным.

Таблица 3.2. Морфометрические  
и стоковые характеристики  
основных притоков Куры

№	Река	Страна	Длина реки, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Паравани	Грузия	73	2350	2120	18.7
2	Посхоф	Грузия	54	1730	1870	21.6
3	Большая Лиахви	Грузия	59	924	2100	26.4
4	Малая Лиахви	Грузия	41	422	1940	9.57
5	Арагви	Грузия	28	1900	1890	43.3
6	Ганых (Алазани)	Грузия, Азербайджан	413	12080	900	125
7	Габырры (Иори)	Грузия, Азербайджан	389	4840	810	15.9
8	Турианчай	Азербайджан	170	1840	819	17.9
9	Геокчай	Азербайджан	113	1770	538	14.4
10	Храми	Грузия, Армения, Азербайджан	220	8340	1530	58.7
11	Акстафачай	Армения, Азербайджан	133	2586	1418	13.2
12	Дзегамчай	Азербайджан	90	942	850	5.84
13	Шамкирчай	Азербайджан	95	1170	1634	9.25
14	Гянджачай	Азербайджан	98	752	1119	5.12
15	Кюракчай	Азербайджан	126	2080	508	7.57
16	Тертер	Азербайджан	200	2650	1820	23.1
17	Аракс (Араз)	Турция, Армения, Иран, Азербайджан	1072	102000	-	290

Как показали расчеты, общие водные ресурсы бассейна Куры составляют 25,9 км<sup>3</sup>. Из них 16,8 км<sup>3</sup> формируются в собственно бассейне Куры, а остальные 9,1 км<sup>3</sup> в бассейне реки Аракс.

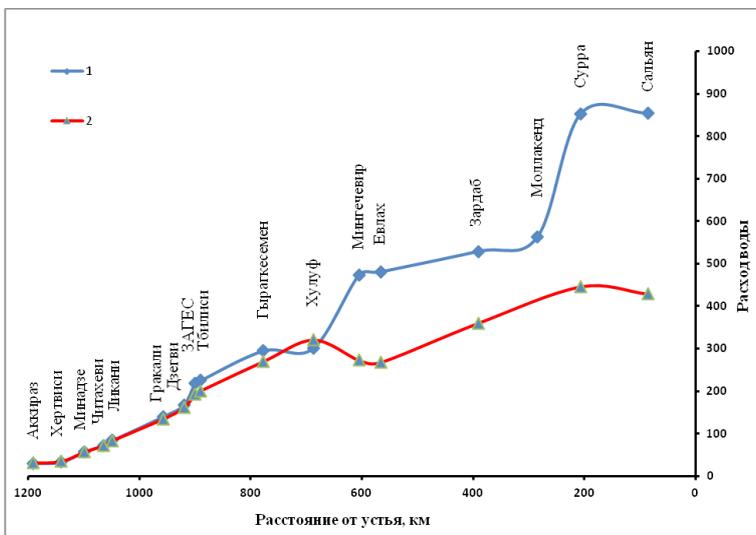


Рис. 3.2. Естественная и антропогенная трансформация годового стока Куры по ее длине: 1 — условно-естественный сток; 2 — наблюдаемый сток (1991-2012гг.).

В турецкой части бассейна Кура-Аракс ежегодно формируется в среднем  $3,5 \text{ км}^3$  речного стока ( $0,9 \text{ км}^3$  в бассейне собственно Куры и  $2,6 \text{ км}^3$  — в бассейне Аракс). Это составляет порядка 5 % от общих трансграничных водных ресурсов Турции и 2,59% от ее общих водных ресурсов [Yıldız Mehmet and et al., 2007, Öziş Ü, Y.Özdemir, 2009]. Водные ресурсы в бассейне р. Куры распределены крайне неравномерно. Высокие темпы роста численности населения и развитие различных отраслей экономики, особенно орошаемого земледелия стали причиной увеличения водозаборов из водных источников и в первую очередь из рек. В результате этого водный режим р. Куры и ее притоков претерпели ряд существенных изменений. Сток многих рек уменьшился, отмечают изменения естественных закономерностей во внутригодовом распределении стока.

Во всех странах бассейна р. Куры построены водохранилища. В Грузии общий объем Самгорского, Сионского

и Цалкинского водохранилищ составляет 0,945 км<sup>3</sup>. В Армении насчитывается более 70 водохранилищ. В наиболее крупных Арпиличском, Апаранском, Ахурянском, Толорском и Спандарянском водохранилищах накоплено около 0,974 км<sup>3</sup> водных ресурсов [Фатуллаев, 2002]. В 2005 году в Нахичеванской Автономной Республике сдано в эксплуатацию Вайхырское водохранилище с общим объемом 100 млн м<sup>3</sup>. В 2011 году в Армении на трансграничном притоке Куры на реке Воскепар (Аскипара) построено водохранилище, из которого вода подается в Тавушскую область. В Исламской Республике Иран воды реки Аракс (Араз) широко используются для орошения. До строительства Мингечаурского водохранилища в 1953 году фактический средний годовой расход воды р. Куры изменялся по длине реки следующим образом: в створе Тбилиси средний годовой расход составлял 203 м<sup>3</sup>/с, в створе Карасаккале — 292 м<sup>3</sup>/с и в Сабирабаде — 586 м<sup>3</sup>/с [Рустамов, 1960].

Приведенные значения показывают, что еще до начала систематических инструментальных наблюдений на Куре, ее водный режим подвергался существенному антропогенному воздействию. Так, в Сабирабаде фактический годовой сток по сравнению с условно-естественным стоком был меньше на 267 м<sup>3</sup>/с (на 31%). В Грузии учет стока Куры производится на нескольких гидрологических станциях, и из них ближайшая к границе Азербайджана находится в г. Тбилиси. По данным разных авторов условно-естественный годовой сток реки в створе Тбилиси к 1980 году уменьшился на 13-16 м<sup>3</sup>/с [Глинская, 1979, Цомая, 1980, Хмаладзе, 1982]. Оценки различных авторов довольно близкие. Главной причиной уменьшения стока являются водозаборы для орошения из притоков р. Куры (Большая Лиахви, Малая Лиахви, Ксани, Арагви) [Рустамов и Кашкай, 1989].

По данным наблюдений за стоком от начала наблюдений по 2010 год выполнена оценка многолетних изменений стока методом линейных трендов. Выявлено, что на территории Грузии до г. Тбилиси в многолетнем режиме р. Куры существенных изменений не произошло. На территории Грузии уменьшение стока происходит

главным образом ниже города Тбилиси, на участке до границы с Азербайджаном. Здесь Гардабанский (40 м<sup>3</sup>/с) и Ташикарский (12 м<sup>3</sup>/с) каналы забирают значительные объемы воды из р. Куры. Трансграничные притоки р. Куры — реки Ганых (Алазани) и Габырры (Иори) берут начало в Грузии и впадают в Мингечаурское водохранилище. В Грузии из реки Иори вода забирается Верхнее-Самгорским и Нижнее-Самгорским каналами, а из реки Алазани — Алазанским, Главным Магистральным и другими каналами [Рустамов, Кашкай, 1989]. Уменьшение годового стока р. Куры под влиянием антропогенных факторов продолжается на территории Азербайджана. Здесь наиболее существенное изменение стока реки началось в 1950-1953 годах, в связи со строительством Варваринского и Мингечаурского водохранилищ. Позже на р. Куре были построены Шамкирское (1982 г.) и Еникендское (2000 г.) водохранилища, на р. Тертер Сарсангское (1976 г.) водохранилище и др. В этих водохранилищах накоплено около 21,5 км<sup>3</sup> воды [Ахмедзаде, 2003]. Величина стока Куры в нижнем бьефе Мингечаурского водохранилища зависит от режима Мингечеурского ГЭС, от объема водозаборов Верхнее-Ширванским (водопропускная способность 78 м<sup>3</sup>/с) и Верхнее-Карабахским (130 м<sup>3</sup>/с) каналами. В конце 50-х годов XX века ниже Мингечаурского водохранилища из реки Куры с помощью 151 насосных станций забиралось около 128 м<sup>3</sup>/с воды. Среднеголетняя величина потерь воды на испарение с поверхности Мингечаурского водохранилища составляет порядка 1000 мм в год.

После строительства Мингечаурского водохранилища в период 1955-1975 годы сток р. Куры существенно уменьшился. В Мингечауре сток снизился на 171 м<sup>3</sup>/с, в Евлахе на 165 м<sup>3</sup>/с, в Зардобе на 191 м<sup>3</sup>/с, в Моллакенде на 227 м<sup>3</sup>/с, в Сурре на 316 м<sup>3</sup>/с и в Сальяне на 351 м<sup>3</sup>/с [Рустамов, Кашкай, 1989]. Данные по 1975 год позволили выявить, что в начале 70-х годов до устья Куры (без р. Аракс) ежегодно не доходило 175 м<sup>3</sup>/с, до устья р. Аракс (Араз) 100 м<sup>3</sup>/с [Водные ресурсы ..., 1988]. По данным В.Ю. Георгиевского на 2000 год, годовой сток Куры в замыкающем

створе Сальяны уменьшился на 27-31% [Георгиевский, 2005]. Для оценки антропогенной трансформации годового стока Куры были использованы данные по 17 гидрологическим пунктам наблюдений: 1 пункт расположен в Турции, 8 в Грузии и 8 в Азербайджане (табл.3.3).

Таблица 3.3. Сведения о пунктах наблюдения на Куре

№	Пункт наблюдения	Страна	Период наблюдения	Расстояние от устья реки, км	Площадь водосбора, км
1	Аккираз	Турция	1979-1998	1191	4293
2	Хертвиси	Грузия	1939-2010	1141	4980
3	Минадзе	Грузия	1934-1975	1099	8010
4	Читахеви	Грузия	1956-1975	1064	10400
5	Ликани	Грузия	1933-1975	1049	10500
6	Гракали	Грузия	1933-1975	957	16700
7	Дзегви	Грузия	1928-1975	920	18000
8	ЗАГЕС	Грузия	1955-1975	900	20800
9	Тбилиси	Грузия	1914-2010	890	21100
10	Гырагесемен	Азербайджан	1953-2010	777	35900
11	Хулуф	Азербайджан	1950-1991	687	40500
12	Мингечаур	Азербайджан	1914-2010	605	62600
13	Евлах	Азербайджан	1953-2012	566	66800
14	Зардаб	Азербайджан	1947-2012	391	76000
15	Моллакенд	Азербайджан	1949-1983	284	76200
16	Сурра	Азербайджан	1953-2012	206	178000
17	Сальяны	Азербайджан	1938-2012	85	188000

По пункту Аккираз (Турция) имеются данные только за период с 1979 по 1998 годы. Из восьми пунктов, расположенных в Грузии, только по двум пунктам (Хертвиси и Тбилиси) удалось получить данные по 2010 год. По остальным шести пунктам ряды среднегодовых расходов воды прерываются в 1975 г. Для выяснения возможности приведения имеющихся рядов стока к единому периоду (1927-2010 гг.) были построены графики связи и рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 3.4). Как следует из таблицы 3.4, существуют тесные корреляционные связи между расходами воды анализируемых рядов. Используя данные по пункту Кура, Тбилиси,

остальные ряды были удлинены по 2010 г. и учтены в последующих расчетах. Имеется достаточно тесная связь ( $r=0,88$ ) между расходами воды Куры в соседних гидрологических пунктах Тбилиси и Гырагкесемен, расположенных соответственно в Грузии и в Азербайджане.

Таблица 3.4. Матрица коэффициентов корреляции связи между среднегодовыми расходами воды

Пункт наблюдения	Аккираз	Хертвиси	Минадзе	Читахеви	Ликани	Гракали	Дзегви	ЗАГЕС	Тбилиси
Аккираз	1	0,95	-	-	-	-	-	-	0,81
Хертвиси		1	0,82	0,81	0,86	0,76	0,81	0,80	0,79
Минадзе			1	0,85	0,92	0,89	0,87	0,83	0,80
Читахеви				1	0,94	0,89	0,82	0,85	0,86
Ликани					1	0,87	0,80	0,79	0,86
Гракали						1	0,85	0,92	0,79
Дзегви							1	0,91	0,88
ЗАГЕС								1	0,91
Тбилиси									1

Ранее оценка изменений годового стока Куры по ее длине на территории Азербайджана была выполнена для двух периодов — до строительства Мингечаурского водохранилища (1953 г) и за 1953-1975 гг. [Рустамов и Кашкай, 1989]. Учитывая это, в данной работе оценка изменения стока реки по всей ее длине осуществлена за 1976-1990 и 1991-2010/2012 гг. (табл. 3.5, рис. 3.2).

Как следует из таблицы 3.5, в Турции и на большей части территории Грузии в годовом стоке р. Куры существенных изменений не произошло. В Грузии уменьшение стока начинается с пунктов Закавказской ГЭС и Тбилиси (10-12%). В Азербайджане от Мингечаурского водохранилища до впадения реки Аракс (Араз) это уменьшение возрастает до 32-44%. В замыкающем створе Куры в г. Сальяны годовой сток уменьшился уже на 49,8 % ( $425 \text{ м}^3/\text{с}$ ). В бассейне собственно Куры снижение стока составляет

325 м<sup>3</sup>/с, в бассейне р. Аракс (Араз) 100 м<sup>3</sup>/с. В ближайшем будущем ожидается дальнейшее уменьшение стока реки Куры. В конце 2014 года сдано в эксплуатацию Шемкирчайское водохранилище, с общим объемом 160 млн м<sup>3</sup>. Продолжается строительство Товузчайского водохранилища объемом 20 млн м<sup>3</sup>. Планируется строительство Дзегамчайского водохранилища объемом 115 млн м<sup>3</sup> и Гянджачайского водохранилищ объемом 42 млн м<sup>3</sup>. На территории Турции в бассейне р. Куры планируется производство 2,3 млрд кВт/ч электроэнергии и орошение 480 тыс. га земель [D. Ş. I., 1995]. В Грузии, Армении и Азербайджане строятся и проектируются десятки малых ГЭС [ПРООН/ГЭФ, 2013]. Перечисленные мероприятия вызовут снижение стока р. Куры в замыкающем створе.

Таблица 3.5. Изменения годового стока Куры по ее длине за 1976-1990 и 1991-2012 гг.

№	Пункт наблюдения	Q <sub>наб.</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>усл.ест.</sub> , м <sup>3</sup> /с	1976-1990 гг.			1991-2012 гг.		
				Q <sub>наб.</sub>	ΔQ		Q <sub>наб.</sub>	ΔQ	
					м <sup>3</sup> /с	%		м <sup>3</sup> /с	%
1	Аккираз	32.8	30.1	32.2	+2.10	6.97	31.1	+1.10	3.65
2	Хертвиси	33.3	33.2	33.6	+0.40	1.20	34.8	+1.60	4.81
3	Минадзе	57.1	57.1	57.2	+0.10	0.17	56.9	-0.20	0.35
4	Читахеви	70.9	72.7	73.4	+0.70	0.96	72.3	+0.40	0.55
5	Ликани	83.2	83.8	84.6	+0.80	0.95	83.4	-0.40	0.47
6	Гракали	128	140	138	-2.00	1.42	135	-5.00	3.57
7	Дзегви	152	167	164	-3.00	1.79	161	-6.00	3.59
8	ЗАГЭС	187	218	197	-21.0	9.63	193	-25.0	11.5
9	Тбилиси	202	225	205	-20.0	8.88	201	-24.0	10.7
10	Гьрагкесмен	275	(295)	290	-5.00	1.69	270	-25.0	8.47
11	Хулуф	269	301	261	-40.0	13.3	321	+20.0	6.64
12	Мингечевир	318	473	277	-196	41.4	273	-200	42.3
13	Евлах	279	481	288	-193	40.1	268	-213	44.3
14	Зардаб	333	529	336	-193	36.5	360	-169	31.9
15	Моллакенд	344	563	386	-227	40.3	-	-	-
16	Сурра	485	853	471	-382	44.8	446	-407	47.7
17	Сальяны	494	854	430	-424	49.6	429	-425	49.8

### 3.2. Река Аракс (Араз)

Река Аракс (Араз) — самый крупный приток Куры. Она протекает по территории Турции, Армении, Ирана, Азербайджана и впадает в Куру (рис. 3.3). Годовой сток реки на всем ее протяжении подвергается естественной и антропогенной трансформации.

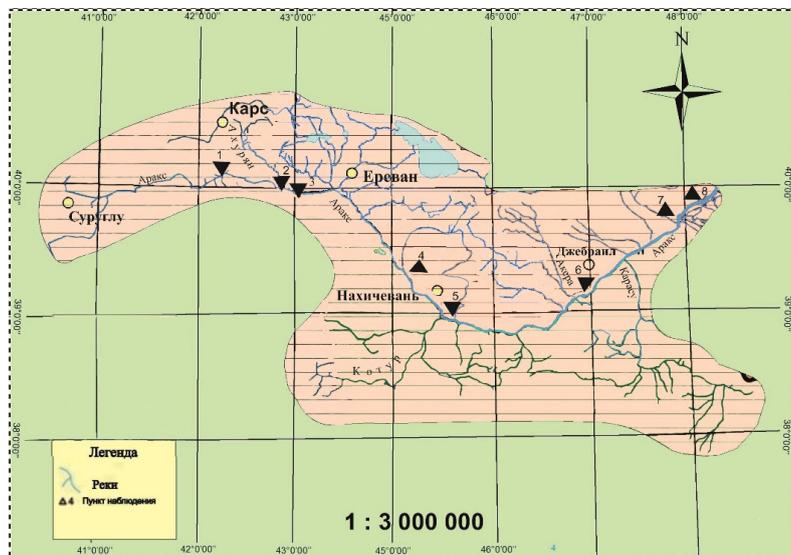


Рис. 3.3. Карта бассейна реки Аракс (Араз)

**Примечание:** номера гидрологических станций соответствуют номерам в табл. 3.8.

Истоком Аракса (Араз) является группа родников, расположенных на Бингельском хребте на высоте 2600 м в Турции. Ее длина составляет 1072 км, а площадь водосбора 102000 км<sup>2</sup> (табл. 3.6).

В таблице 3.7 приведены некоторые морфометрические и стоковые характеристики основных притоков р. Аракс.

Таблица 3.6. Распределение площадей по странам бассейна реки Аракс (Араз) и средняя многолетняя величина годового стока

№	Страна	Площадь, км <sup>2</sup>	Годовой сток	
			м <sup>3</sup> /с	%
1	Турция	25784	74.3	24
2	Армения	17919	132	43
3	Азербайджан	16457	50.4	16
4	Иран	41840	53.4	17
	Всего	102000	310	100

Таблица 3.7. Морфометрические и стоковые характеристики основных притоков р. Аракс (Араз)

№	Река	Страна	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя вы-сота водосбора, м	Средний много-голетний го-довой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Ахурян (Западный Арпачай)	Армения, Турция	102	8140	2010	8.85
2	Севджур	Армения	33	3540	1610	29.8
3	Раздан (Занги)	Армения	119	2310	1860	28.2
4	Азат	Армения	25	526	2220	6.14
5	Веди	Армения	30	329	2090	2.02
6	Арпачай	Армения, Азербайджан	126	2630	1968	23.7
7	Нахиче-ванчай	Азербайджан	81	1630	1625	7.54
8	Охчучай (Вохчи)	Армения, Азербайджан	83	1175	1980	10.0
9	Базарчай (Воротан)	Армения, Азербайджан	172	5650	-	38.4
10	Зангемар	Иран	-	6610	-	9.04
11	Готурчай	Иран	-	9359	-	10.8
12	Карасучай (Дереруд)	Иран	-	12559	-	18.6

На естественную трансформацию стока р. Аракс (Араз) по длине реки влияют также озера и ледники. Например, на территории Азербайджана в бассейнах рек Нахичеван-

чай и Акера имеются несколько озер. Ледники в основном находятся в Армении, и их общая площадь составляет 3,79 км<sup>2</sup> [Водные ресурсы..., 1988]. График изменения условно-естественного стока по длине реки Аракс (Араз) построен по литературным данным [Шикломанов, Фатуллаев, 1983; Рустамов, Кашкай, 1989; Фатуллаев, 2002] (рис. 3.4).

Общие водные ресурсы бассейна р. Аракс составляют 9,12 км<sup>3</sup>. Из них объем в 2,6 км<sup>3</sup> формируется в Турции [Öziş Ü, Y.Özdemir, 2009], 4,7 км<sup>3</sup> в Армении и 1,04 км<sup>3</sup> в Азербайджане [Водные ресурсы..., 1988]. В иранской части бассейна р. Аракс (Араз) водные ресурсы составляют всего 0,78 км<sup>3</sup>. На территории Турции средний многолетний годовой сток правых притоков р. Аракс (Араз) — рек Сарысу и Готур составляет по 0.1 км<sup>3</sup>, а реки Карс (впадает в реку Ахурян) 0.6 км<sup>3</sup>. Объем годового стока в верхнем течении р. Аракс (Араз) оценивается в 1.8 км<sup>3</sup> [Öziş Ü, Y.Özdemir, 2009].

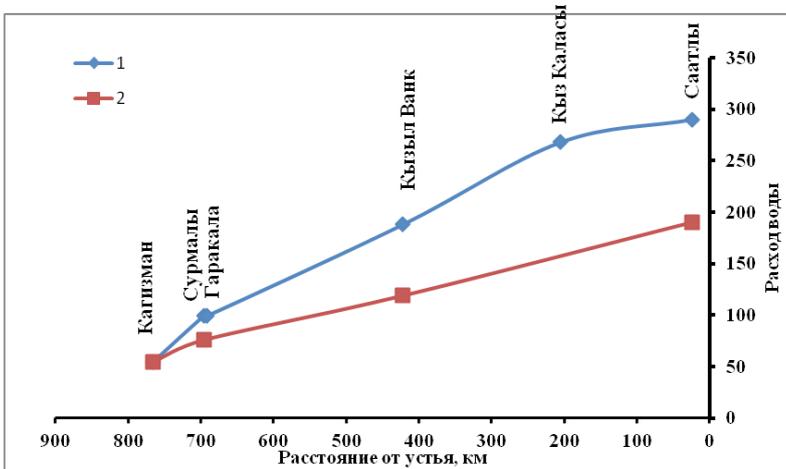


Рис. 3.4. Естественная и антропогенная трансформация годового стока р.Аракс (Араз) по длине  
 1. условно-естественный сток;  
 2. наблюдаемый сток (1991-2010 гг.).

Большая часть бассейна р. Аракс (Араз) характеризуется засушливым климатом. Водные ресурсы в пределах бассейна распределены чрезвычайно неравномерно. В соответствии с соглашением между СССР и Турцией (1927 год), Турция и Армения забирают одинаковое количество воды из реки Западный Арпачай (Ахурян). В 1980 году, с целью орошения Игдырской равнины Турции, на границе с Арменией был построен Сардарабадский гидроузел. Река Сарысу берет начало в Турции и на территории Ирана впадает в р. Аракс. В маловодные годы иранская сторона недополучает согласованный объем стока ( $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ) [Özdemir A. Deniz and et al., 2007]. Из р. Аракс на территории Армении проведено несколько магистральных каналов, в частности, Октемберянский, с пропускной способностью  $24,0 \text{ м}^3/\text{с}$ , Араздарянский —  $5,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . Из р. Ахурян забирается вода расходом  $49 \text{ м}^3/\text{с}$  Ширакским и Талинским каналами, а из р. Азат — Арташатским каналом —  $27,2 \text{ м}^3/\text{с}$  [Фатуллаев, 2002]. В иранской части бассейна р. Аракс (Араз) имеются многочисленные водозаборы.

На территории Азербайджана естественный режим р. Аракс (Араз) в основном нарушается в Аразском, Миль-Муганском и Баграмтапинском гидроузлах. Заполнение Аразского водохранилища, с объемом  $1.35 \text{ км}^3$  начиналось в 1970 году. Выше и ниже Аразского водохранилища насосные станции работают в Шиблоде, Ганбаре, Зенгинахе, Гердиане, Галибоглу, Исергеране, которые из р. Аракс забирают суммарно порядка  $29,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В результате выполненных расчетов по данным, включительно по 1975 год установлено, что в устье р. Аракс (Араз) годовой сток уменьшился в среднем на  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  [Водные ресурсы..., 1988]. В 1971-1977 гг. среднегодовой расход воды р. Аракс в замыкающем створе Саатлы составил  $142 \text{ м}^3/\text{с}$ . Это означает, что среднегодовой расход воды уменьшился на  $148 \text{ м}^3/\text{с}$  (51%) [Рустамов, Кашкай, 1989]. На рисунке 3.5 представлен график линейного тренда годового стока для створа р. Аракс-Саатлы (Новрузлу).

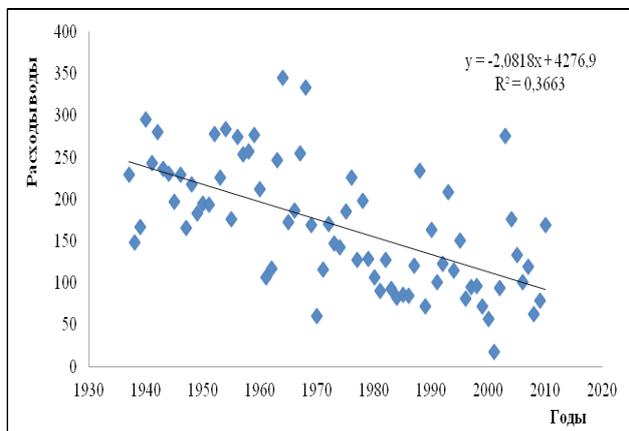


Рис. 3.5. График линейного тренда годового стока для створа р. Аракс-Саатлы (Новрузлу).

Для оценки антропогенной трансформации годового стока р. Аракс (Араз) были использованы данные по 8 гидрологическим пунктам наблюдения: 1 пункт расположен в Турции, 2 в Армении и 5 в Азербайджане (табл. 3.8). Для пункта наблюдения Кагизман, который находится в Турции, использована среднемноголетняя величина годового стока за 1953-2007 годы. Ряд постов закрыт, что не позволяет все ряды наблюдений привести к одной длине.

Таблица 3.8. Сведения о гидрологических пунктах наблюдения на р. Аракс

№	Пункт наблюдения	Страна	Период наблюдения	Расстояние от устья реки, км	Площадь водосбора, км
1	Кагизман	Турция	1953-2007	(765)	8872
2	Сурмалу	Армения	1964-2010	696	22100
3	Каракала	Армения	1955-1964	692	22100
4	Кывраг	Азербайджан	1974-1980,1983	485	46100
5	Кызыл Ванк	Азербайджан	1965-2005	422	54300
6	Кыз Каласы	Азербайджан	1965-1975, 1978-1981	205	76800
7	Кубектала (Карадонлу)	Азербайджан	1913-1917,1927- 1942,1947-1964	66	97600
8	Саатлы	Азербайджан	1946-1949,1965- 1995,2005-2010	24	102000

На территории Армении ежегодно из реки забирают воду в больших объемах. Согласно данным ОГХ, ежегодные водозаборы выше пункта Сурмалу составляли 9,73 м<sup>3</sup>/с (1967-1975гг.), выше пункта Каракала — 18,4 м<sup>3</sup>/с (1955-1960гг.). В этом районе имеются данные наблюдений за стоком по 2005–2010 годы по 3-м пунктам наблюдений — Сурмалу, Кызыл Ванк и Саатлы. Оценка изменения годового стока реки Аракс (Араз) выполнена для всего периода наблюдения и за период 1991-2010 гг. (табл. 3.9, рис. 3.4).

Таблица 3.9. Изменения годового стока  
р. Аракс (Араз) по ее длине

№	Пункт наблюдения	Q <sub>наб.</sub> м <sup>3</sup> /с	Весь период наблюдения			1991 — 2010гг.		
			Q <sub>наб.</sub>	ΔQ		Q <sub>наб.</sub>	ΔQ	
				м <sup>3</sup> /с	%		м <sup>3</sup> /с	%
1	Сурмалу	99.2	80.8	-18.4	18.0	76.0	-23.2	23.0
2	Каракала	99.2	48.6	-50.6	51.0	-	-	-
3	Кывраг	(169)	133	-36.0	21.3	-	-	-
4	Кызыл Ванк	188	136	-52.0	27.6	119	-69.0	36.0
5	Гыз Каласы	268	236	-32.0	11.9	-	-	-
6	Кубектала (Карадонлу)	(287)	227	-50.0	17.4	-	-	-
7	Саатлы	290	162	-128	44.0	190	-100	34.5

По данным, приведенным в таблице 3.9, начиная с границы Турции и Армении (пункт Сурмалу) наблюдается уменьшение годового стока р. Аракс (Араз) на 18-23% за счет антропогенного воздействия. В нижнем бьефе Аразского водохранилища снижение стока составляет уже 36-52%. Как показали расчеты, в замыкающем створе реки (п. Саатлы) годовой сток уменьшился за весь период наблюдения на 44%, а за период с 1991 по 2010 год — на 34,5%. Снижение стока реки продолжится и в дальнейшем, так как на самой р. Аракс (Араз) Иран и Армения проектируют совместные гидростанции, в частности, Гарачиларский и Мегринский гидроузлы, а Иран и Азербайджан проектируют Мазраидский и Ордубадский гидроузлы.

### 3.3. Реки Алазани и Иори

**Ганых (Алазани)** является трансграничной рекой. Она берет начало в Грузии и является левым притоком р. Куры. В настоящее время она впадает в Мингечаурское водохранилище в Азербайджане (рис. 3.6). Длина ее составляет 413 км и площадь водосбора 12080 км<sup>2</sup> (7325 км<sup>2</sup> в Грузии и 4755 км<sup>2</sup> в Азербайджане). Множество пересыхающих рек встречается среди правых притоков реки. Пересекая Алазанскую долину до впадения в р. Алазани, они теряют воды на испарение и просачивание в аллювиальные отложения.

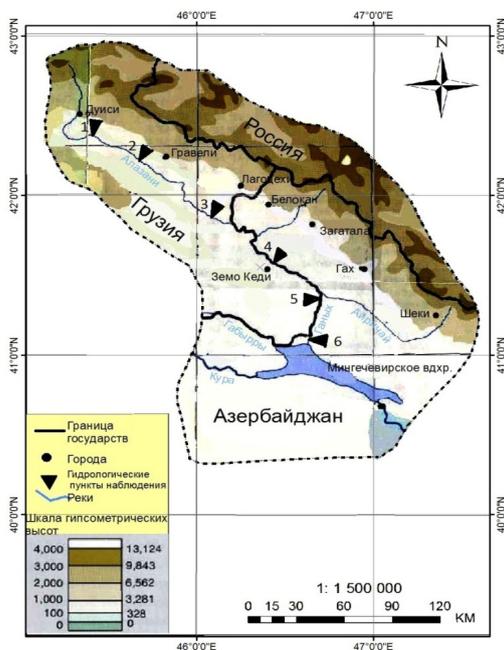


Рис. 3.6. Карта бассейна Алазани с указанием гидрологических пунктов наблюдения

**Примечание:** номера гидрологических пунктов наблюдения соответствуют номерам в табл.3.11.

В таблице 3.10 приведены некоторые морфометрические и стоковые характеристики основных притоков р. Ганых.

Таблица 3.10. Морфометрические характеристики и средний многолетний годовой расход воды основных притоков р. Ганых

№	Река	Страна	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Самкурисцкали-Ходори	Грузия	0,40	121	2590	5,60
2	Стори-Лечури	Грузия	16	203	1860	7,90
3	Дидихеви-Аргана	Грузия	6,0	78,0	1650	3,17
4	Инцоба-Сабуе	Грузия	9,9	41,4	1620	1,60
5	Чельти-Шилда	Грузия	13	72,2	1780	2,10
6	Дуруджи-Кварели	Грузия	13	67,6	1630	0,77
7	Белоканчай-Белокан	Азербайджан	19	146	1580	4,56
8	Катехчай-Кабиздара	Азербайджан	37	236	1850	10,0
9	Талачай-Загата	Азербайджан	31	136	1710	4,15
10	Курмухчай-Илису	Азербайджан	36	166	2270	5,51
11	Агричай-Баш Дашагыл	Азербайджан	122	92,0	1569	3,05
12	Дамарчик-устье	Азербайджан	0,50	35,0	1860	1,70

Распределение атмосферных осадков как внутри года, так и по бассейну довольно неравномерное. В юго-восточной части бассейна ежегодно выпадает 400-600 мм осадков. С высотой количество осадков увеличивается до 1200-1400 мм. Порядка 42-50% осадков выпадает в весенний сезон. Летом, осенью и зимой выпадает, соответственно 15-20, 20-25 и 10-15 % от годовой суммы осадков. Максимальные месячные суммы в годовом ходе осадков приходятся на май, а минимальные на январь и декабрь месяцы. Вся юго-восточная часть бассейна нуждается в орошении. В пункте Сенгяр 23 % стока реки формируется снеговыми, 25 % дождевыми и 52 % подземными водами.

Существуют различные оценки водных ресурсов бассейна р. Ганых. Величина условно-естественного (восстановленного) годового стока р. Ганых в замыкающем створе (1,7 км ниже впадения р. Агричай) составляет  $120 \text{ м}^3/\text{с}$ , а фактически измеренный расход порядка  $103 \text{ м}^3/\text{с}$  [Водные ресурсы..., 1988]. По данным азербайджанских авторов, восстановленный сток составляет  $125 \text{ м}^3/\text{с}$ . На территории Грузии формируется  $57,9 \text{ м}^3/\text{с}$ , на территории Азербайджана  $67,1 \text{ м}^3/\text{с}$  [Рустамов, Кашкай, 1989]. По данным грузинских авторов, годовой объем стока р. Алазани до устья р. Мазымчай (до границы с Азербайджаном) оценивается в  $3109 \text{ млн м}^3$  ( $95,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ) [Владимиров и др., 1974]. По данным других авторов, водные ресурсы в бассейне р. Ганых до Биркиани оцениваются в  $15,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , до Шакриани  $45,4 \text{ м}^3/\text{с}$ , до Чиаура  $75,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , на границе Грузии и Азербайджана —  $78,3 \text{ м}^3/\text{с}$ , до Земо-Кеди  $102 \text{ м}^3/\text{с}$ , а в целом для всего бассейна  $134 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $4,2 \text{ км}^3$ ) [Мамедов, Фатуллаев, 1997].

Одна из последних оценок водных ресурсов бассейна р. Ганых выполнена Г.Ю.Фатуллаевым [Фатуллаев, 2002]. Расчеты произведены с учетом стоковых данных всех притоков реки. Значительное число пунктов имеет короткие ряды наблюдений или пропуски в наблюдениях. Поэтому предварительно было выполнено приведение коротких рядов к единому многолетнему периоду (1946-1996гг). Сток с территорий, не освещенных гидрометрическими измерениями, определялся расчетным путем, либо по стоку рек-аналогов, либо по картам стока. При оценке водных ресурсов для ряда створов, подверженных влиянию хозяйственной деятельности, использовались данные по заборам и сбросам вод, результаты исследований по оценке испарения с поверхности водосбора. В результате этих расчетов автором было установлено, что естественный среднееголетний годового сток р. Ганых составляет  $108,4 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $3,42 \text{ км}^3$ ) [Фатуллаев, 2002]. Систематическое изучение речного стока бассейна р. Ганых начато в 1925 г. Для оценки трансформации годового стока р. Ганых были использованы данные по 6-и гидрологическим пунктам наблюдения. Из них 4 пункта расположены в Грузии и 2 в Азербайджане (табл. 3.11).

Таблица 3.11. Сведения о гидрологических пунктах наблюдения на р.Ганых

№	Пункт наблюдения	Страна	Период наблюдения	Расстояние от устья реки, км	Площадь водосбора, км	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Биркиани	Грузия	1950-1980	342	282	2200	14,5
2	Шакриани	Грузия	1952-1980	280	2190	1260	43,5
3	Чиатура	Грузия	1925-1980	201	4530	980	63,3
4	Земо Кеди	Грузия	1958-1980	95	7450	900	102
5	1,7 км ниже впадения р. Агричай	Азербайджан	1950-2010	33	11600	(870)	120
6	Сенгар (выше впадения р. Иори)	Азербайджан	1933-1943	-	12000	850	99,5

Орошение в бассейне р. Ганых (Алазани) применяется с давних времен, что связано в первую очередь с климатическими условиями бассейна, где в низменных районах количество атмосферных осадков составляет около 400 мм. Кроме того, на летний период, когда испарение велико, а нужда в поливной воде большая, приходится не более 20 % годовой суммы осадков. Поэтому именно в это время тысячи гектаров земель испытывают острую нехватку в оросительной воде. В пределах Грузии первые документальные сведения об орошаемых площадях относятся к 1917 году. По этим сведениям, орошаемые площади в это время занимали примерно 6,2 тыс. га. С введением в эксплуатацию в 1930 году Нижне-Алазанской оросительной системы, рассчитанной на орошение до 60 тыс. га земель, орошаемые площади значительно увеличились. К 1935-му году они достигли по ориентировочным данным 15 тыс. га, а к 1950 году — до 50 тыс. га. В настоящее время орошаемые земли составляют порядка 140 тыс. га

[Кочиашвили, Марианашвили, 1980]. Каналами забирается около  $42,3 \text{ м}^3/\text{с}$  воды [Рустамов, Кашкай, 1989]. Верхнее-Алазанский канал является крупнейшим не только в бассейне р. Алазани, но и во всей Грузии. В Грузии, на участках от с. Биркиани до с. Джоколо и от с. Джоколо до с. Алвани, из р. Алазани забирается для орошения около  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ . В летние месяцы выше поста Шакриани из р. Алазани и ее притоков водозабор осуществляется в общей сложности по 15 мелким каналам. Часть воды сбрасывается обратно в реку. Ниже поста Шакриани расположен водозабор магистрального канала Нижнее-Алазанской оросительной системы. По имеющимся с 1954 г. данным, ежегодный водозабор составлял в среднем  $16,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , из которого  $9,8 \text{ м}^3/\text{с}$  до поста Чиатура возвращается в реку [Кочиашвили, Марианашвили, 1980]. Кроме того, в летнее время множество мелких каналов забирают воду из левых притоков реки. Интенсивное использование речного стока на участке между постами Шакриани и Чиатура приводит к изменению водного режима реки. Ниже створа Чиатура существует водозабор, отбирающий объем воды около  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ . В грузинской части бассейна р. Алазани существуют семь крупных родниковых источников. Общий дебит этих источников составляет около  $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . Это источники, берущие начало у подножий южных склонов Главного Кавказского хребта, в частности Свидебис ( $0,65 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Вардисубнис ( $0,165 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Мухианис ( $0,144 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Лелианис ( $0,185 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Апенис ( $0,291 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Патмасирус ( $0,120 \text{ м}^3/\text{с}$ ), Куис-Цкарос ( $0,264 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Воды этих источников почти полностью используется для орошения [Потолашвили, 1977]. Для орошения используются также артезианские воды. В результате интенсивного развития орошаемого земледелия естественный режим реки и ее притоков изменился: снизился как годовой сток, так и сток за вегетационный период. Меженный сток (июнь-август) большинства притоков р. Ганых почти полностью разбирается на орошение. Устьевые участки большинства притоков р. Ганых представлены сухими руслами. В Биркиани уменьшение годового стока р. Алазани за период с 1955 по 1996 год составило 13%, а летнего

стока 20%. За указанный период для пункта Чиаура это уменьшение оценивается соответственно в 21% и 22%. В замыкающем створе реки за 1970-1986 годы уменьшение годового стока составил  $10,8 \text{ м}^3/\text{с}$ . За период 1987-1996 гг. снижение стока увеличилось до  $17 \text{ м}^3/\text{с}$ . В теплый период сток уменьшился на  $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$  и в холодный период  $21 \text{ м}^3/\text{с}$ . Причиной этого явилось увеличение водозаборов на участке между створом Чиаура и устьем [Фатуллаев, 2002].

В данной работе из-за отсутствия данных о среднегодовых расходах воды по гидрологическим пунктам наблюдения на территории Грузии за период начиная с 1981 года оценка изменений годового стока р. Ганых выполнена только для замыкающего створа (1,7 км ниже впадения р. Агричай). Установлено, что за 1950-2010 годы, годовой сток р. Ганых по сравнению с условно-естественным стоком уменьшился на  $11,1 \text{ м}^3/\text{с}$  (9,17 %). За период с 1991 по 2010 год снижение стока составило  $9,18 \text{ м}^3/\text{с}$  (7,65%).

**Габырры (Иори)** является трансграничной рекой. Она берет начало в Грузии и является левым притоком р. Куры. В настоящее время она впадает в Мингечаурское водохранилище в Азербайджане. Длина ее составляет 389 км и площадь водосбора  $4840 \text{ км}^2$  ( $4230 \text{ км}^2$  в Грузии и  $610 \text{ км}^2$  в Азербайджане). Она вступает в пределы Азербайджана у с. Эльдар. Среднегодовой расход воды в устье реки составляет  $15,9 \text{ м}^3/\text{с}$ . На территории Грузии формируется  $15,46 \text{ м}^3/\text{с}$ , на территории Азербайджана  $0,44 \text{ м}^3/\text{с}$  [Рустамов, Кашкай, 1989]. Годовой объем стока р. Иори до границы с Азербайджаном составил 805 млн  $\text{м}^3$  ( $25,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ) [Владимиров, 1974]. Река Иори на территории Грузии имеет приток р. Верхвели, на которой в период с 1947 по 1956 год действовал гидрологический пункт наблюдения в с. Тушуреби. Площадь водосбора до створа наблюдений  $20,8 \text{ км}^2$ , средняя высота водосбора 1570 м, средний за период наблюдений годовой расход воды этой реки составил  $0,30 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для оценки трансформации годового стока р. Габырры были использованы данные по 8-и гидрологическим пунктам наблюдения: 5 пунктов расположены в Грузии и 3 в Азербайджане (табл.3.12).

Таблица 3.12. Сведения о гидрологических пунктах наблюдения на р. Иори

Пункт наблюдения	Страна	Период наблюдения	Расстояние от устья реки, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
Леловани (Уругмарт)	Грузия	1934-1980	273	494	1640	10,8
Орхеви	Грузия	1946-1980	262	587	1580	10,9
Палдо	Грузия	1925-1962	236	970	1430	(13,8)
Сартчала	Грузия	1960-1964	219	1120	1350	12,7
У горы Казаниани	Грузия	1937-1952	-	1340	1290	13,7
Салахлы	Азербайджан	1928-1959	43	4190	780	11,6
Кесеман	Азербайджан	1975-2010	-	4270	-	5,70
Юсифлу	Азербайджан	1947-1954	-	4550	700	11,4

Из р. Иори отводятся 14 оросительных каналов. Наиболее крупными из них являются Верхне-Самгорский и Нижне-Самгорский каналы, с пропускной способностью соответственно 30 м<sup>3</sup>/с и 35 м<sup>3</sup>/с. Общая площадь орошаемых земель достигает 100 тыс. га.

Сионское водохранилище расположено в среднем течении р. Иори между селениями Сионигиени и Леловани. Оно предназначено для регулирования стока р. Иори в целях орошения и обеспечивает работу каскада малых ГЭС Марткопи, Сацхениси и Тетрахеви, расположенных на перепадах ирригационных сооружений. Площадь зеркала водохранилища составляет 12,8 км<sup>2</sup> и объем 325 млн м<sup>3</sup>. Общая мощность трех ГЭС равняется 24,8 тыс. кВт. Ниже водохранилища, на территории Азербайджана гидрограф реки практически представляет прямую линию.

### 3.4. Река Самур

Река Самур является пограничной между Российской Федерацией и Республикой Азербайджан. Она впадает в Каспийское море, ее длина составляет 213 км, площадь водосбора 3900 км<sup>2</sup>. В 1957 г. на реке был сооружен Са-

мурский гидроузел, из которого берут начало два канала. Воды Самур-Апшеронского канала используются для орошения и водоснабжения в Азербайджане, а по Самур-Дербентскому каналу вода подается в южные районы Дагестана. Самур-Апшеронский представляет собой самый длинный (182 км) магистральный канал Азербайджана (Рустамов и Кашкай, 1989).

За весь период гидрометрических наблюдений средний годовой расход воды реки составляет 65,8 м<sup>3</sup>/с, а объем водных ресурсов составляет 2,07 км<sup>3</sup>. В таблице 3.13 приведены обеспеченные значения годового стока и водных ресурсов р. Самур в пункте Усухчай.

Таблица 3.13. Обеспеченные значения годового стока и водных ресурсов р. Самур в пункте Усухчай

Обеспеченность, %	Расход воды, м <sup>3</sup> /с	Объем стока, млн м <sup>3</sup>
1	118,5	3732,7
2	110,0	3465,0
5	98,0	3087,0
10	88,5	2787,7
25	74,5	2346,7
50	62,5	1968,7
75	54,0	1701,0
90	48,0	1512,0
95	46,0	1449,0
99	44,1	1389,1

На основе данных по годовым и среднемесячным расходам воды в замыкающем створе реки Самур п. Усухчай выполнен анализ многолетних колебаний и оценены изменения стока. Анализ разностной интегральной кривой (РИК) годового стока реки показывает, что отчетливо выделяются две фазы различной водности: многоводная (1955–1968 гг.) и маловодная (1969–2000 гг.) (рис. 3.7). РИК, построенные по данным стока каждого месяца в отдельности, также содержит вышеуказанные многоводные и маловодные фазы.

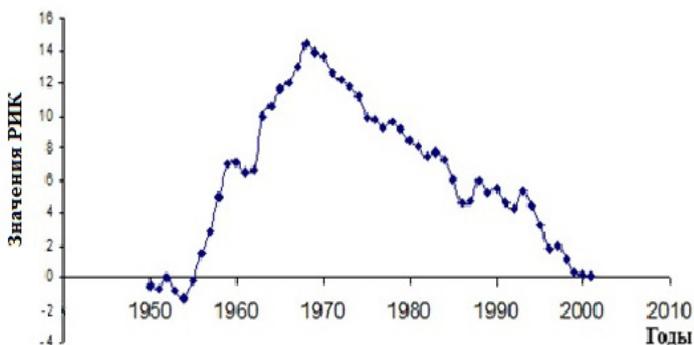


Рис. 3.7. Разностная интегральная кривая годового стока р. Самур в створе Усухчай

На рисунке 3.8 представлен линейный тренд среднегодовых расходов воды за многолетний период. Анализ РИК показал, что в многолетнем разрезе наблюдается снижение годового стока реки Самур в пункте наблюдений Усухчай.

По данным наблюдений о минимальных расходах воды р. Самур в створе Усухчай Ф.А. Имановым выявлено, что за период с 1969 по 1980 год произошло уменьшение минимального летне-осеннего стока по сравнению с периодом 1950–1968 гг. на  $6,80 \text{ м}^3/\text{с}$ , (18%) [Иманов, 2000]. В указанной работе для оценки антропогенного изменения стока использовалась зависимость минимального летне-осеннего стока реки в створе Усухчай от суммы минимального стока выше расположенного створа Самур-Ахты и двух притоков р. Ахтычай (пункт Ахты) и р. Усухчай (пункт Усухчай).

Аналогичная зависимость построена и для годового стока, но с привлечением данных за 2006 год (рис. 3.9).

Как следует из рисунка, за период с 1969 по 2006 год годовой сток р. Самур в створе Усухчай, как и минимальный сток, меньше, чем суммарный приток в зоне формирования стока. В таблице 3.14 приведены результаты оценки изменения годового и месячного стоков р. Самур

в створе Усухчай. Сравнение стока обоих периодов показало, что за период 1969–2006 годы произошло уменьшение как годового стока, так и стока за все календарные месяцы по сравнению с периодом 1950–1968 год. Годовой сток уменьшился на 21,8 % ( $16,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Максимальное уменьшение месячного стока отмечено в июле, августе и сентябре [Иманов, Асадов, 2011].

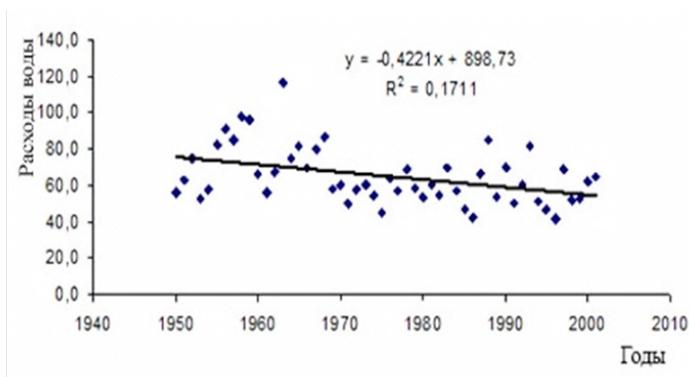


Рис. 3.8. Линейный тренд годового стока р. Самур в створе Усухчай

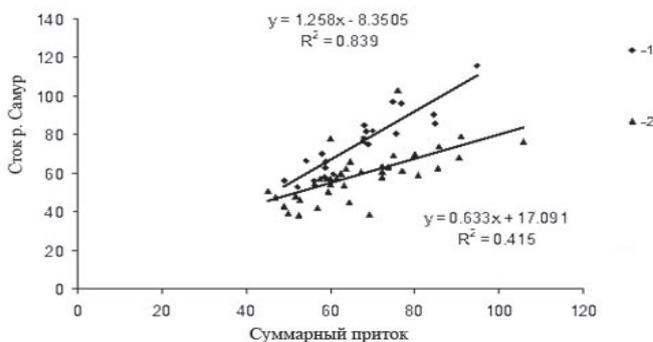


Рис. 3.9. Связь среднегодовых расходов воды и суммарного притока в зону формирования стока в створе р. Самур — с. Усухчай  
 1.1950-1968 гг.  
 2.1969-2006 гг.

На фоне глобального потепления климата, в ходе которого на Кавказе, включая бассейн р. Самур, происходит интенсивное таяние ледников, подобный характер изменения водного режима реки не согласуется с результатами исследований в различных регионах мира [Водные ресурсы России..., 2008; World Water Resources..., 2003]. Аналогичные расчеты выполнены для р. Кусарчай (пункт Кузун). Условия формирования стока этой реки схожи с условиями водосбора р. Самур (табл. 3.15). Результаты этих работ показали, что за период 1969–2006 год в холодный период (ноябрь–апрель) сток р. Кусарчай вырос, а в теплый (май — октябрь), наоборот, снизился. Следует отметить, что в бассейне р. Самур площадь ледников составляет 8,4 км<sup>2</sup> (29 ледников), а в бассейне р. Кусарчай 2,9 км<sup>2</sup> (9 ледников). Нижняя граница ледников в этих бассейнах проходит на высотах 3280 и 3760 м соответственно. В настоящее время эта граница в бассейне р. Самур, по сравнению с 1895 г., поднялась на 220 м [Лурье, Панов, 2006]. По данным на 2000 год, доля ледниковых вод в формировании годового стока рек Самур и Кусарчай составляла 2,9 % (0,019 км<sup>3</sup>) и 0,9 % (0,004 км<sup>3</sup>) соответственно. Величина ледникового стока, образовавшегося в результате потепления климата, одинакова для обеих рек 0,001 км<sup>3</sup> [Лурье, 2006]. В условиях потепления ледниковый сток р. Кусарчай увеличился на 25,0 %, а р. Самур всего на 5,3 %.

Таблица 3.14. Оценка изменений среднемесячных и годовых расходов воды р. Самур в пункте Усухчай

Расход воды	Месяцы											Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		XII
$Q_{\text{сп}}, \text{м}^3/\text{с}$ (1950-1968 гг.)	24,1	23,0	26,0	59,4	134,5	184,1	162,6	96,6	76,3	59,3	40,9	31,1	75,8
$Q_{\text{сп}}, \text{м}^3/\text{с}$ (1969-2006 гг.)	20,3	18,6	21,8	48,4	106,5	154,7	122,8	70,2	56,0	47,7	35,2	23,9	59,3
$\Delta Q, \text{м}^3/\text{с}$	-3,78	-4,36	-4,23	-11,0	-28,0	-29,4	-39,8	-26,4	-20,3	-11,6	-5,7	-7,20	-16,5
$\Delta Q, \%$	-15,8	-19,1	-16,2	-18,5	-20,8	-16,0	-24,5	-27,3	-26,6	-19,6	-13,9	-23,2	-21,8

Таблица 3.15. Оценка современных изменений средне-  
 месячных и годовых расходов воды р. Кусарчай  
 в пункте Кузун

Расход воды	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с (1950- 1968 гг.)	1,51	1,38	1,53	3,10	6,94	11,5	12,9	7,85	4,67	3,25	2,21	1,74	4,88
$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с (1969- 2006 гг.)	1,72	1,79	2,17	3,53	6,07	8,90	9,51	5,93	4,24	3,18	2,38	1,85	4,28
$\Delta Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,21	0,41	0,64	0,43	-0,87	-2,60	-3,39	-1,92	-0,43	-0,07	0,17	0,11	-0,60
$\Delta Q$ , %	13,9	29,7	41,8	13,8	-12,5	-22,5	-26,7	-24,4	-9,20	-2,15	7,69	6,32	-12,2

Выполненные исследования указывают на различие в характере изменения внутригодового распределения стока рек Самур и Кусарчай. Наиболее вероятная причина снижения водности реки Самур уменьшение количества атмосферных осадков в бассейне. Следует отметить, что ранее путем гидрометрической съемки изучены изменения стока реки по ее длине. Установлено, что фильтрация речных вод происходит не только в дельте, но и выше гидроузла. Фильтрационные потери речного стока зависят от расхода воды и выше гидроузла составляют 2,6 % на километр длины. К числу возможных причин уменьшения стока могут быть отнесены также неучтенные водозаборы выше замыкающего створа и неточный учет стока в гидрометрических пунктах бассейна реки.

### 3.5. Реки Малого Кавказа

В последние десятилетия увеличиваются водозаборы из рек и подземных водоносных горизонтов Малого Кавказа. В данном разделе объектами исследования являются трансграничные реки Малого Кавказа левые притоки р. Аракс (Араз) и правые притоки р. Кура (рис 3.10).

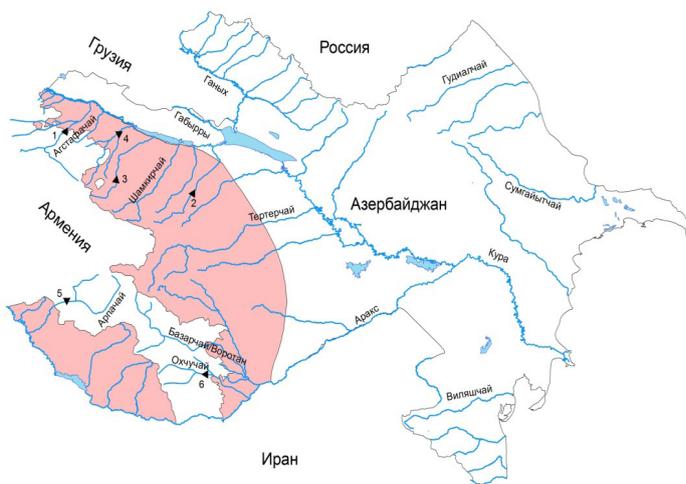


Рис. 3.10. Карта-схема исследуемой территории (номера гидрологических постов соответствуют номерам в табл. 3.16)

Сведения об этих реках приведены в табл. 3.16. Среднегодовое водный баланс территории Азербайджана без учета стока трансграничных рек характеризуется следующими величинами: атмосферные осадки 427 мм, речной сток 119 мм и испарение 308 мм [Рустамов, Кашкай, 1989]. С учетом стока трансграничных рек на душу населения Азербайджана на 1 января 2015 года приходится 3252 м<sup>3</sup>/год воды. В целом средний годовой объем стока всех рек Малого Кавказа (в пределах Азербайджана) составляет 6,0 км<sup>3</sup>, из них на долю трансграничного стока приходится 2,2 км<sup>3</sup>, т.е. 37% [Рустамов, Кашкай, 1989].

На всех реках Малого Кавказа наблюдаются продолжительные зимние и летне-осенние меженные периоды. Наиболее продолжительная зимняя межень (до 120 дней) отмечается в бассейнах рек Арпа, Акера. Для этих рек доля зимнего стока в годовом стоке составляет 20-25%. Наиболее продолжительная летне-осенняя межень наблюдается в бассейнах рек Акстафачай, Базарчай и Арпачай. Доля летне-осеннего стока этих рек в годовом

составляет 16-22% [Иманов и др., 2008]. В меженные периоды, особенно во время зимней межени реки питаются почти исключительно подземными водами. В данной работе обобщены многолетние данные о среднегодовых и среднемесячных расходах воды. Используются также данные о подземных водах и подземном стоке рек, приводимые в работах Алекперова А.Б., Иманова Ф.А. [Алекперов и др., 2008, Иманов и др., 2008]. Многолетние колебания стока маловодных периодов исследованы методом линейного тренда по разностным интегральным кривым [Виноградов, Виноградова, 2013].

Таблица 3.16. Морфометрические и стоковые характеристики основных трансграничных рек Малого Кавказа

Река	Устье	Длина, км		Площадь водосбора, км <sup>2</sup>		Расходы воды, м <sup>3</sup> /с		
		Общая	В пределах Азербайджана	Общая	В пределах Азербайджана	Среднемноголетний годовой расход воды	Средне-многолетние минимальные расходы воды	
							зимние	летне-осенние
Акстафачай (Агстев)	Кура	133	42	2586	976	13.2	2.72	3.44
Гасансу (Ахум)	Кура	71	25	352	159	1.75	0.46	0.59
Ахынджачай	Таузчай	76	30	1178	657	2.46	0.71	0.99
Таузчай	Кура	42	11	278	14	0.67	0.18	0.26
Арпачай	Аракс	126	40	2630	570	23.7	7.02	5.89
Джагрычай	Нахчы-ванчай	45	40	442	427	1.02	0.55	0.39
Охчучай (Вохчи)	Аракс	83	43	1175	455	10,0	2.55	3.13
Базарчай (Воротан)	Аракс	158	65	5650	3630	20.0	10.6	10.0

Горная зона Малого Кавказа характеризуется сильной расчлененностью рельефа, мощной зоной выветривания,

высокой трещиноватостью пород, связанной с разрывными тектоническими нарушениями, наличием спорадически развитого маломощного делювиального суглинистого чехла и почвенного покрова речных долин и небольших межгорных котловин [Алекперов и др., 2008]. Подземные воды не имеют строгой приуроченности к стратиграфическим горизонтам и встречаются в отложениях от современных до древнейших. Степень обводненности различных пород определяется их составом, трещиноватостью и дренированностью территории. Наибольшей водообильностью отличаются такие породы, как известняки. Менее обводнены вулканогенные породы и совсем слабо-интрузивные образования. Характер распределения родникового стока указывает на радиальное направление подземного стока от центра горной зоны к ее периферии и полностью аналогичен распределению поверхностного стока. Геолого-гидрогеологические условия территории обуславливают проявления подземных вод в виде восходящих и нисходящих родников. Многочисленные родники в горно-складчатой зоне Малого Кавказа приурочены к отложениям от четвертичного до девонского возраста. Дебит этих родников колеблется от 0,1-1,0 до 2-3 л/с, доходя иногда до 10 л/с. В Нахичеванской Автономной Республике зафиксированы родники с дебитами 100-150 л/с. В горных зонах наибольшее хозяйственное значение имеют подземные воды аллювиальных отложений, слагающих поймы рек и выстилающих их русла. Мощность подрусловых отложений рек Малого Кавказа меняется от 9-14 до 60-70 м. На реках Хачинчай и Каркарчай мощность подрусловых отложений достигает 96-106 м. Дебиты скважин варьируют в пределах 3-12 л/с, коэффициенты фильтрации водосодержащих пород от 5-8 до 50-60 м/сут. Расходы подрусловых потоков составляют от 12 до 40 тыс. м<sup>3</sup>/сут., а по реке Тертер доходит до 62 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В вулканогенно-туфовых отложениях Малого Кавказа выявлены многочисленные родники с дебитами 8-10 л/с, иногда 50-70 л/с. Безнапорные и напорные воды вскрыты разведочными и эксплуатационными скважинами глубиной до 250 — 300 м. Статические уровни безнапорных вод устанавливаются на глубине от 0,1-1,0 до

60–85 м, дебиты скважин 0,1-4,2 л/с. Напорные воды Малого Кавказа связаны преимущественно с тектоническими нарушениями и трещинами. Дебиты пробуренных скважин изменяются в пределах 0,8–12 л/с. Количественным показателем роли подземных вод в формировании речного стока является коэффициент подземного питания реки. Этот коэффициент характеризует величину базисного стока реки, равномерность его распределения внутри года и возможность более эффективного использования речного стока в различных отраслях экономики [Водные ресурсы России..., 2008].

На территории южного и юго-восточного склона Малого Кавказа широко распространены легко проницаемые туфы. На этих участках доля участия подземных вод в формировании речного стока трансграничных рек составляет 44-65%. Для рек северо-восточного склона Малого Кавказа этот показатель изменяется в пределах 20-40%. Величина подземного стока уменьшается с северо-запада к юго-востоку, т.е. левобережные трансграничные притоки Аракса (Араз) более полноводны, чем правобережные притоки Куры. Величина подземного стока рек рассматриваемого региона возрастает с увеличением средней высоты водосбора. В указанном направлении происходит увеличение доли подземного стока в годовом стоке рек. Коэффициент корреляции этой связи составляет 0,73 (рис. 3.11).

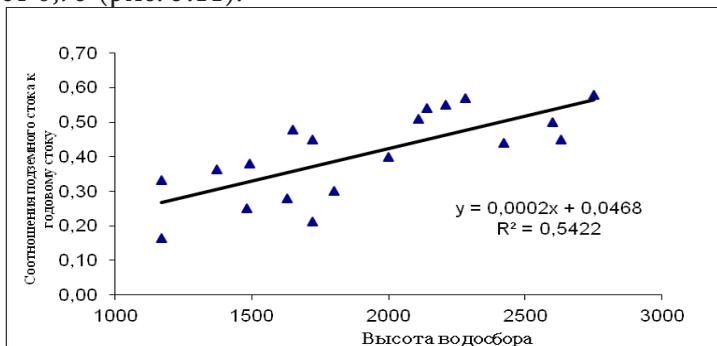


Рис. 3.11. Зависимость соотношения подземного стока к годовому стоку от высоты водосбора

Отношение величины минимального летне-осеннего и зимнего стока к годовому стоку возрастает с высотой местности [Иманов, 2000]. Для однородных по условиям формирования минимального стока гидрологических районов прослеживаются достаточно тесные связи между модулями минимального зимнего, минимального летне-осеннего и базисного стока. Коэффициенты парной корреляции этих линейных связей составляют 0,94-0,98. Такими же высокими значениями коэффициентов корреляции характеризуются связи между минимальными расходами воды за зимний и летне-осенний периоды. Эти связи являются линейными и имеют региональный характер, т.е. получены для рек Малого Кавказа. Аналогичная региональная связь выявлена между расходами воды зимнего (XII-II) и летне-осеннего (VI-X) маловодных периодов [Гулиева, 2010]. Суммарная величина подземного стока всех рек Малого Кавказа составляет 2,88 км<sup>3</sup> (48%). Из-за отсутствия данных по ежедневным расходам воды в верхней части бассейнов трансграничных рек в качестве показателей стока маловодных периодов использованы данные по минимальному месячному зимнему и летне-осеннему стоку рек. Также были использованы данные, приведенные в работе В. О. Саркисяна [Саркисян, 2008]. Значимость трендов оценена по методике И. И. Поляка [Поляк, 1975; Водные ресурсы России..., 2008]. Результаты анализа линейных трендов представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17. Проверка значимости линейного тренда в рядах минимального стока рек Малого Кавказа (при  $\alpha = 5\%$ )

№	Река-пункт	Период наблюдений	Характеристика стока	Значимость тренда
1	Акстафачай-Иджеван	1929-2009	минимальный зимний	значим
			минимальный летне-осенний	незначим
2	Гянджачай-Зурнабад	1928-2009	минимальный зимний	незначим
			минимальный летне-осенний	незначим

3	Дзегамчай-Агбашлар	1941-2009	минимальный зимний	незначим
			минимальный летне-осенний	незначим
4	Асрикчай-Асрикджирдахан	1960-1990	минимальный зимний	значим
			минимальный летне-осенний	значим
5	Арпачай-Арени	1932-2009	минимальный зимний	значим
			минимальный летне-осенний	значим
6	Охчучай-Кафан	1935-2009	минимальный зимний	незначим
			минимальный летне-осенний	незначим

На рисунке 3.12 приведен пример линейного тренда минимальных зимних расходов воды по р. Акстафачай, в створе г. Иджеван.

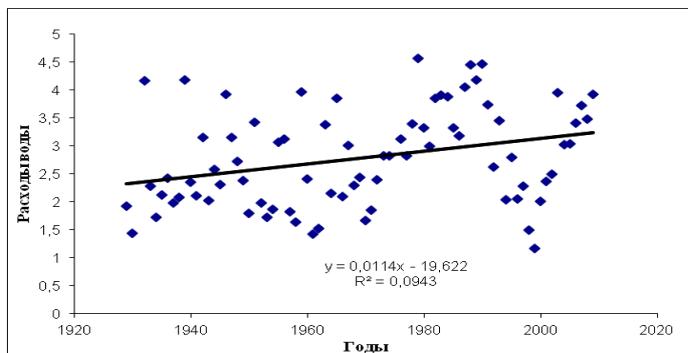


Рис. 3.12. Многолетняя динамика минимальных зимних расходов воды р. Акстафачай, г. Иджеван

Характер линейных трендов для рек северо-восточного склона Малого Кавказа (правобережные притоки р. Куры) и южного склона (левобережные притоки р. Аракс (Араз) отличаются. Для первой группы трансграничных и местных рек (Акстафачай, Гянджачай, Асрикчай, Дзегамчай) минимальный зимний сток в

многолетнем разрезе увеличивается. Для рек второй группы (Арпачай, Охчучай), наоборот, уменьшается. Многолетние ряды наблюдений летне-осеннего минимального стока характеризуются отрицательными линейными трендами. При более детальном анализе многолетнего хода стоковых характеристик установлено, что на отдельных реках эта тенденция отсутствует. Например, в рядах наблюдений р. Арпачай до начала 1970 года и р. Охчучай до 1980 года наблюдалась тенденция увеличения расходов воды. Это подтверждается анализом разностных интегральных кривых стока. Уменьшение характеристик низкого стока рек бассейна Аракса (Араз) связано с влиянием антропогенных факторов. Ранее, используя данные по 1984 г., было показано, что минимальный летне-осенний сток рек Арпачай (с. Арени), Охчучай (с. Кафан), Воротан (с. Борисовка) и др. был ниже «нормы» на 16-38% [Иманов, 2000]. В бассейне реки Арпа выше с. Арени в 1956 году начала действовать крупная Гетанская насосная станция, через которую в летние месяцы подается до 30 млн м<sup>3</sup> воды. В 1981 году был сдан в эксплуатацию туннель Арпа-Севан, расход воды через который составляет до 21,5 м<sup>3</sup>/с. После введения в строй этого туннеля величина среднесного стока реки Арпа уменьшилась на 40%. В 1986 г. на реке Воротан (Базарчай) было построено Спандарянское водохранилище, объемом 157 млн м<sup>3</sup>. Снижение минимального летне-осеннего месячного стока за 1981-1995 гг. по отношению к естественному стоку на р. Арпачай (с. Арени) составило 55,8%, на р. Воротан (с. Цхук) 28,5%, на р. Охчучай (г. Кафан) 23,1% [Саркисян, 2008, Фатуллаев, 2002].

Основной особенностью изменений зимнего минимального и сезонного стока рек является увеличение этого стока в последние десятилетия по всей территории Азербайджана, включая Малый Кавказ [Иманов и др., 2008]. Следует отметить, что подобная реакция зимнего стока рек на происходящее потепление характерно для многих регионов мира, в том числе для рек территории России [Водные ресурсы России..., 2008].

Уменьшение зимнего стока рек Арпачай, Базарчай и Охчучай обусловлено влиянием комплекса как природных, так и антропогенных факторов [Фатуллаев, 2002]. Оценка стока зимнего сезона (с декабря по февраль) и летне-осеннего (с июня по октябрь) маловодных периодов выполнена отдельно для трансграничных и местных рек (табл. 3.18). Для этой цели использованы данные по стоку замыкающих створов 30 рек. Из них 9 рек являются трансграничными, а остальные 21 местными водотоками. Как следует из таблицы 3.18, сток маловодных периодов трансграничных рек почти в 1,5 раза меньше, чем сток местных рек. Следует также отметить, что для трансграничных и местных рек соотношения различных стоковых характеристик (годовой, подземный, зимний и летне-осенний сток) достаточно близкие.

Таблица 3.18. Стоковые характеристики рек Малого Кавказа

Малый Кавказ	Объем стока	
	км <sup>3</sup>	%
Годовой сток		
Трансграничные реки	2.20	37
Местные реки	3.80	63
Всего	6.00	100
Подземный сток		
Трансграничные реки	0.99	35
Местные реки	1.85	65
Всего	2.84	100
Сток зимнего маловодного периода		
Трансграничные реки	0.16	39
Местные реки	0.25	61
Всего	0.41	100
Сток летне-осеннего маловодного периода		
Трансграничные реки	0.54	38
Местные реки	0.87	62
Всего	1.41	100

### 3.6. Трансформация внутригодового распределения стока

В настоящее время помимо влияния антропогенных факторов на сезонный и месячный сток рек приходится считаться и с региональными проявлениями изменения климата. Учитывая эти обстоятельства, выполнен анализ изменений внутригодового распределения стока трансграничных рек Кура, Араз, Самур, Ганых и Габырры. Изменения внутригодового распределения стока р. Куры оценены для двух створов — Мингечаур и Сальяны. Для этих створов временные ряды месячного стока разбиты на две части. Первая часть включает период по 1952 год (до заполнения Мингечаурского водохранилища), а вторая — с 1953 по 2010 год (рис. 3.13).

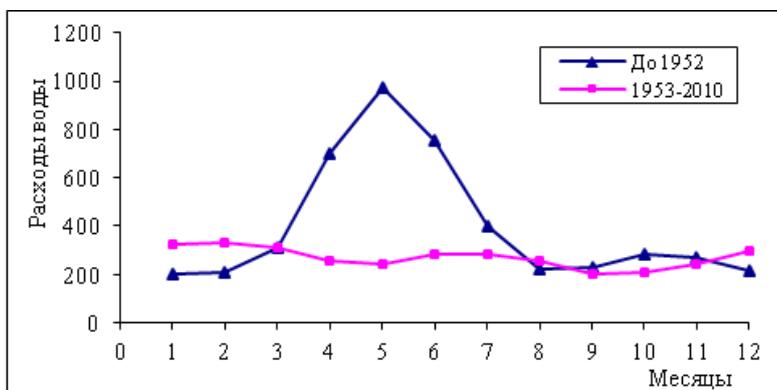


Рис.3.13. Гидрографы р. Куры, г. Мингечаур

В результате строительства Мингечаурского, Шамкирского и Еникендского водохранилищ условно-естественный сток реки в створе Мингечаур полностью зарегулирован и гидрограф представляет собой почти прямую линию. Условно-естественный сток реки в створе Сальяны также почти полностью зарегулирован. Лишь в период с апреля по июнь на гидрографе, построенном по данным за 1953-2010 гг. слабо выражено половодье (рис. 3.14).

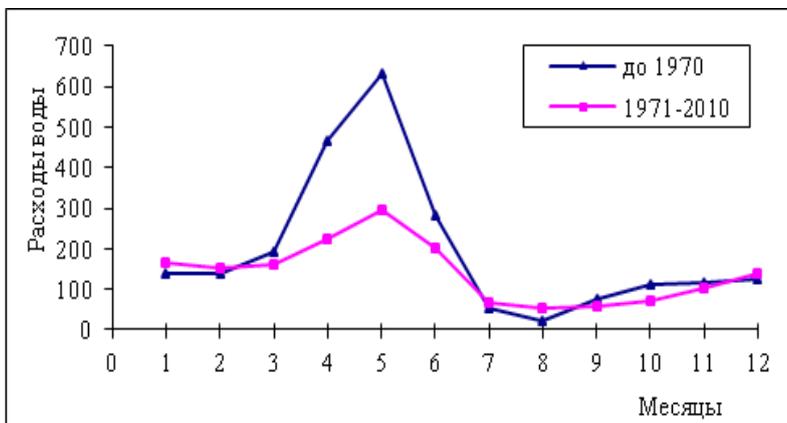


Рис 3.14. Гидрографы р. Куры, г. Сальяны

Это связано с влиянием реки Аракс (Араз), годовой сток которой в многолетнем разрезе регулируется в меньшей степени (рис 3.15).

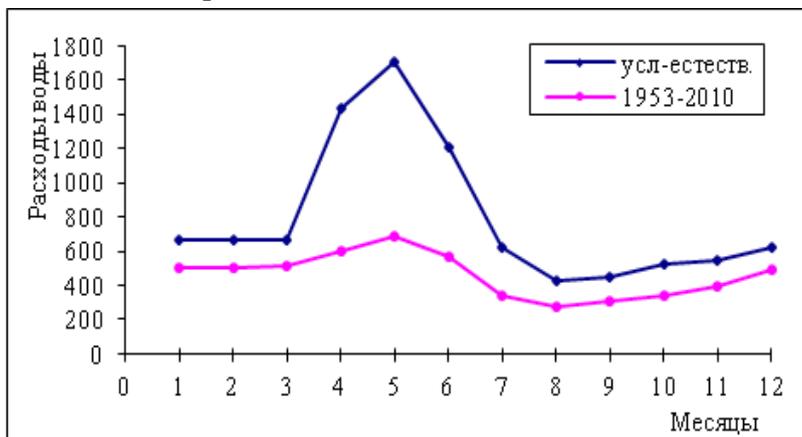


Рис. 3.15. Гидрографы р. Аракс (Араз), с. Новрузлу

Для створа Сальяны гидрографы стока за 1953-2010 и 1991-2010гг. полностью совпадают. Это свидетельствует о том, что за эти периоды характер многолетнего регулирования стока не изменился. Для р. Аракс (Араз) (с. Новруз-

лу) первая часть временных рядов месячного стока включает период по 1970 г. (до заполнения Аразского водохранилища), а вторая, с 1971 по 2010 год. Как уже отмечалось выше, сток этой реки зарегулирован в меньшей степени, чем сток р. Куры, что видно из гидрографа, построенного по данным за 1971-2010 годы (рис 3.15). Для створа с. Новрузлу гидрографы за 1971-2010 и 1991-2010 гг. почти совпадают. Для р. Самур (с. Усухчай) первая часть временных рядов месячного стока включает период с 1950 по 1968 год, а вторая — с 1969 по 2006 год. В результате ранее выполненных исследований было установлено, что начиная с 1969 года, имеет место снижение годового и минимального месячного стока р. Самур [Иманов и Асадов, 2011, Иманов, 2000]. Анализ этих гидрографов показывает, что во все месяцы года имеет место снижение стока (рис. 3.16).

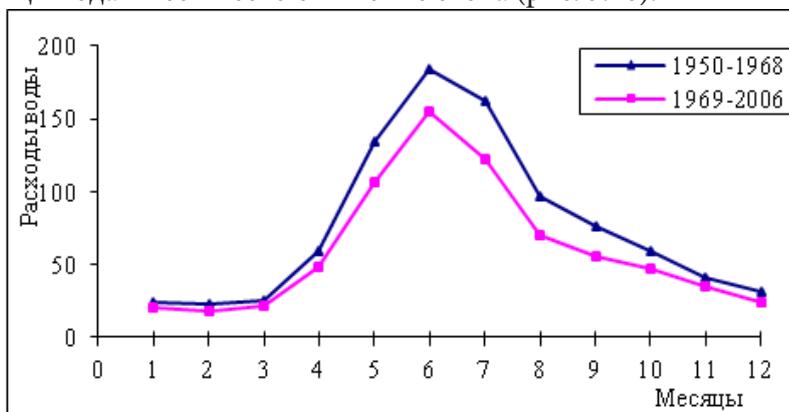


Рис. 3.16. Гидрографы р. Самур в с. Усухчай

На рисунке 3.17 приведены гидрографы р. Ганых (Алазани) в замыкающем створе, построенные по восстановленным и наблюдаемым за 1990-2010 гг. значениям средних месячных расходов воды [Водные ресурсы..., 1988].

Анализ этих гидрографов показывает, что во все месяцы, за исключением зимних, когда отсутствуют водозаборы для орошения, имеет место снижение стока. На рисунке 3.18 приведены 2 гидрографа р. Габырры (Иори), построенные по значениям средних месячных расходов

воды. Один из них построен по восстановленным значениям стока для п. Сартичала (Грузия) другой же, по наблюдаемым значениям стока для п. Кесеман (Азербайджан) [Водные ресурсы..., 1988].

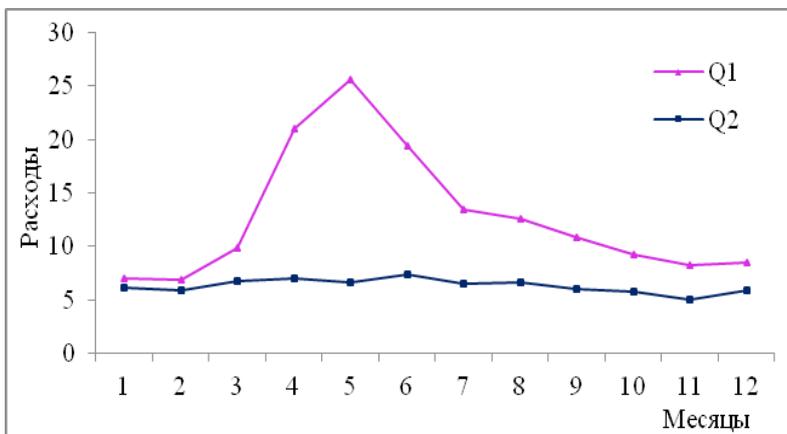


Рис. 3.17. Гидрографы р. Ганых (Алазани) (1.7 км ниже впадения

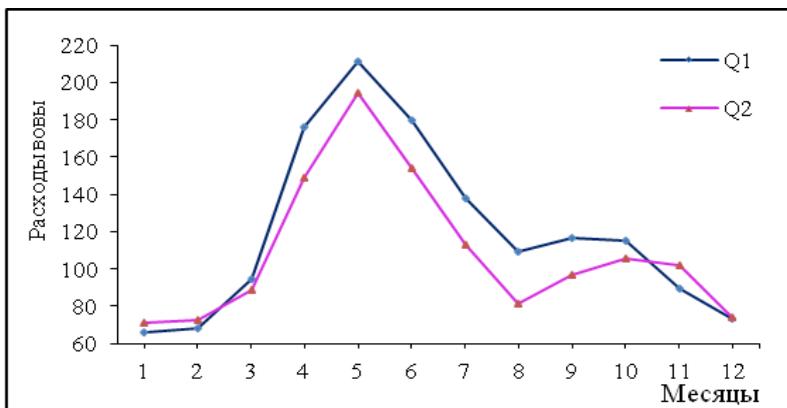


Рис. 3.18. Гидрографы р. Габырры (Иори), построенные по восстановленным и наблюдаемым значениям средних месячных расходов воды

Q1 — восстановленный гидрограф для п.Сартичала (Грузия);  
Q2 — наблюдаемый гидрограф для п.Кесеман (Азербайджан).

За весь период наблюдения прослеживается тенденция увеличения годового стока. Возможной причиной подобной ситуации могут быть систематические ошибки измерения расходов воды в замыкающем створе. Однако этот вывод не подтверждается результатом анализа линейного тренда среднегодовых расходов воды в замыкающем створе (рис. 3.19)

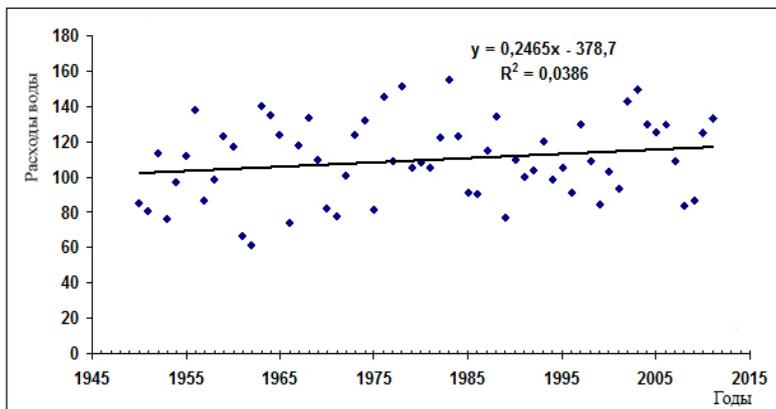


Рис. 3.19. Линейный тренд среднегодовых расходов воды р. Ганых (Алазани) в 1,7 км ниже впадения р. Агричай

Анализ этих гидрографов показывает, что во все месяцы года наблюдается снижение стока, что объясняется регулированием стока Сионским водохранилищем. Основная часть территории Азербайджана находится в бассейне Куры. В ее замыкающем створе (г. Сальяны) во все сезоны сток уменьшился. Наибольшее уменьшение стока произошло в весенний сезон (25,7%). В замыкающем створе р. Аракс (Араз) (г. Саатлы), второй крупной реки Азербайджана во все сезоны, за исключением зимнего, сток уменьшился. Для этого створа использованы данные по 2005 г. И по этой причине при расчетах не учтен объем воды, аккумулированный на заполнение Худаферинского водохранилища.

## Глава 4. ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА МЕСТНЫХ РЕК

### 4.1. Гидрологическая сеть наблюдений

Первые гидрологические наблюдения на территории Азербайджана были проведены в 1912 году на реке Куре отделом гидрометрии Кавказского Водного управления. В 1913-1914 годах при изучении условий судоходства и водозаборов для ирригации на р. Куре в Али-Байрамлы (Ширван), Евлахе и селе Пойлу были оборудованы первые водомерные посты. Данные этого периода наблюдений безусловно не соответствуют современным требованиям. В конце 1917 года гидрологические наблюдения на реках были полностью приостановлены. В 1920 году наблюдения за уровнями велись на 4-х. постах. В 1926 году, с измерением расхода воды на р. Тертер (п. Мадагиз) были начаты наблюдения за уровнями и расходами воды. К концу 1929 года измерения расходов воды уже проводились в 40 пунктах (рис. 4.1). До 1935 года на территории Азербайджана действовало 51 пункт гидрологических наблюдений.

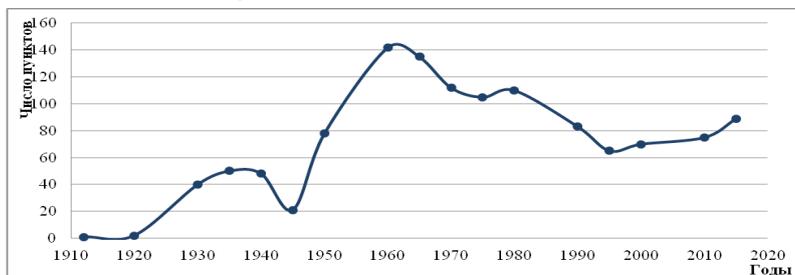


Рис. 4.1. Динамика количества гидрологических пунктов наблюдений на реках Азербайджана

По данным на 1 января 1966 года на 80 реках республики действовали 139 гидрологических постов. В 2009 г. их число составило 75, а в 2015 году выросло до 89. С нача-

лом Карабахских событий в 1988-1989гг., некоторые гидрологические пункты остались на оккупированных территориях. По данным Гидрологического ежегодника 1987 года, до оккупации там действовало 15 гидрологических пунктов. С 1991 года, в связи переходом Азербайджана на рыночную экономику, уменьшилось финансирование работ гидрологической сети. Но это особо не повлияло на число действующих пунктов. В настоящее время уровень технико-технологического обеспечения гидрологической сети Национального гидрометеорологического департамента не полностью отвечает рекомендациям Всемирной метеорологической организации. Существующая гидрологическая сеть должна модернизироваться и обновляться в соответствии с запросами экономики. В районах, где имеются риски селей и паводков, целесообразно создать принципиально новую гидрологическую сеть, основанную на использовании автоматизированных наблюдательных систем.

#### **4.2. Многолетние колебания речного стока**

Анализ направленных изменений в рядах годового стока рек, в бассейнах которых антропогенная деятельность развита слабо, выполнен методом линейного тренда. Установлено, что ряды годового стока 11 рек из 18 характеризуются положительным линейным трендом и лишь 3 из них являются статистически значимыми при уровне значимости 5% ( $\alpha = 5\%$ ). В 4-х рядах обнаружены отрицательные тренды, из которых 1 ряд является значимым. В остальных 3-х рядах тренд вовсе отсутствует (табл. 4.1).

Исследования показали, что характер многолетних изменений стока на реках различных природных областей Азербайджана имеет значительные различия. В частности, годовой сток рек северо-восточного и южного склонов Большого Кавказа увеличивается, в Ленкоранской и Нахичеванской природных областях уменьшается, а на реках природной области Малого Кавказа тренды являются разнонаправленными.

Таблица 4.1. Проверка значимости линейного тренда в рядах годового стока местных рек Азербайджана (при  $\alpha = 5\%$ )

№	Река-пункт	Природная область	Период наблюдения	Знак и значимость тренда
1	Талачай-Закатала	Большой Кавказ	1948-2011	Положительный
2	Курмухчай-Илису	Большой Кавказ	1951-2011	Положительный
3	Дамарчик-устье	Большой Кавказ	1950-2011	<b>Положительный</b>
4	Кусарчай-Кузун	Большой Кавказ	1931-2011	Положительный
5	Кудялчай-Кюпчал	Большой Кавказ	1933-2011	Положительный
6	Велвеличай-Тенгялты	Большой Кавказ	1933-2011	Положительный
7	Дзегамчай-Агбашлар	Малый Кавказ	1951-2010	Положительный
8	Шамкирчай-Калакенд	Малый Кавказ	1959-2010	<b>Положительный</b>
9	Гянджачай-Зурнабад	Малый Кавказ	1928-2011	Отсутствует
10	Кюрракчай-Чайкенд	Малый Кавказ	1928-2011	Отрицательный
11	Джагричай-Паиз	Нахчыван	1949-1999	Положительный
12	Алинджачай-Арафса	Нахчыван	1959-1997	Отрицательный
13	Нахичеванчай-Биченек	Нахчыван	1963-1999	Отсутствует
14	Гилянчай-Билав	Нахчыван	1961-1999	<b>Положительный</b>
15	Виляшчай-Шихляр	Ленкоран	1935-2011	Отрицательный
16	Ленкоранчай-Сифидор	Ленкоран	1931-2011	Отсутствует
17	Тангерю-Ваго	Ленкоран	1938-2011	Положительный
18	Истисучай-Алаша	Ленкоран	1943-2011	<b>Отрицательный</b>

*Примечание: Статистически значимые тренды выделены*

#### 4.3. Изменение сезонного и месячного стока

Каждая река в соответствии особенностями природных условий водосбора имеет индивидуальные особенности водного режима. Безусловно, в водном режиме рек имеются общие черты, что позволяет классифицировать их по характеру внутригодового распределения стока [Львович, 1938, Зайков, 1946, Кузин, 1960]. Эти классификации, разработанные на примере огромных территорий, не могут отражать разнообразные особенности режима рек бассейна Куры. На основе общих методологических разработок, изложенных в этих работах, многими авторами выполнены детальные исследования внутригодового распределения стока рек Армении, Грузии и Азербайджана [Валесян, 1955, Важнов, 1956, Хмаладзе, 1962, Рустамов, 1960, Рустамов, Кашкай, 1989, Вердиев, 2002, Фатуллаев, 2002 и др.]. Для рек северо-восточного и юго-восточного склонов Большого Кавказа сток за весну с высотой уменьшается с 56 до 42%, а в летне-осенний период возрастает с 16 до 52%. Зимой сток незначительно уменьшается. Для рек Малого Кавказа в пределах Азербайджана сток в период весеннего половодья с высотой изменяется с 67 до 46%, в летне-осенний период с 26 до 40% и в зимний период с 26 до 40 % годового стока. На реках Нахичеванского региона в пределах средневысотной зоны весной проходит основная часть годового стока (65-70%), за летне-осеннюю межень 20-25% и зимой 10-15%. В северной части и верховьях рек Виляшчай и Ленкоранчай сток рек с высотой уменьшается, а в южной части Ленкоранской природной области растет. За период зима-весна (январь-май) сток рек этой территории с высотой уменьшается с 65 до 58%, в летний период увеличивается с 3 до 18% [Рустамов, Кашкай, 1989].

В последние десятилетия на территории Азербайджана отчетливо проявляются изменения климатических параметров. Как следствие, возможны изменения стоковых характеристик рек. Для выявления этих изменений выполнена оценка современных изменений месячного и сезонного стока по восемнадцати местным рекам (19

пунктов), расположенным в различных природных районах Азербайджана. Эти данные охватывают период по 2010 год. Каждый ряд месячного и сезонного стока был разделен на две части и сравнивались средние значения стока. Первая часть рядов включает период по 1975 год, а вторая 1976–2010 год. Такое деление рядов связано с тем, что в последний раз оценка водных ресурсов и внутригодового распределения стока рек Азербайджана была выполнена по данным по 1975 год [Рустамов, Кашкай, 1989]. Сравнительный анализ позволил выявить некоторые закономерности в изменении стока. Результаты расчетов изменения сезонного стока некоторых местных рек приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Изменения сезонного стока рек (в %)

Река-пункт	зима	весна	лето	осень	год
	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-XI
Гянджачай-Зурнабад	9,6	-7,9	-14,9	2,2	-2,4
Кюракчай-Чайкенд	25,2	-0,7	-15,4	-7,8	-5,5
Дзегамчай-Агбашлар	14,7	1,6	28,6	-10,1	11,8
Алинджачай-Арафса	-2,4	-31,0	-15,1	-14,7	-18,4
Джагричай-Паиз	64,1	-6,5	-1,9	8,6	26,2
Гилянчай-Билав	50,5	-8,6	-2,7	31,8	41,7
Кусарчай-Кузун	1,4	3,0	-17,2	-9,7	-12,5
Кудиалчай-Кюпчал	14,8	10,0	-12,9	-13,5	-4,3
Вельвеличай-Тенгялты	-0,6	-24,8	-25,0	-13,5	-18,8
Дамирапаранчай-Габала	26,5	22,8	28,9	20,8	20,0
Агричай-Башдашагыл	48,1	0,4	-17,6	8,1	-1,7
Агричай-устье	37,5	27,3	50,0	44,4	39,5
Талачай-Закагала	55,8	91,6	-12,3	1,8	23,1
Курмухчай-Илису	2,21	-9,26	2,83	-9,78	-5,56
Шамкирчай-Мансырлы (Барсум)	-8,1	-0,8	63,0	-0,2	5,3
Тангеруд-Ваго	33,5	5,3	68,0	11,4	18,9
Истисучай-Алаша	5,3	-22,0	2,2	-44,4	-15,4
Ленкоранчай-Сифидор	-5,6	-6,6	-18,2	-9,8	-10,8
Виляшчай-Шихляр	60,4	-26,8	-5,1	-15,7	-16,3

На 14-ти водотоках отмечено увеличение зимнего стока, основной причиной которого является частичное таяние снега в участвовавшие оттепели зимнего се-

зона. Уменьшение зимнего стока на реках Алинджачай (с. Арафса) и Велвеличай (с. Тенгялты) составляет соответственно 2,4%, 0,6%, что находится в пределах точности учета стока. Выявлено, что весенний сток большинства рек Малого Кавказа, Нахичеванской АР и Ленкоранской природной области уменьшается, а рек Большого Кавказа, наоборот, увеличивается.

Летний сток большинства исследуемых рек уменьшается, что вызвано, главным образом, с ростом водоотбора вод из рек на орошение. Остаются не выясненными причины увеличения стока летнего сезона на реках р. Тангеруд (с. Ваго) на 68,0%, р. Агричай (устье) на 50,0%, река Дамирапаранчай (Габала) на 29,8%.

Осенний сток большинства исследуемых рек уменьшается. Исключение составляют реки южного склона Большого Кавказа, особенно притоки р. Ганых (Алазани), где сток в осенний период увеличивается. На диаграмме, представленной на рисунке 4.2, приведены результаты оценки изменения месячного стока исследуемых рек.

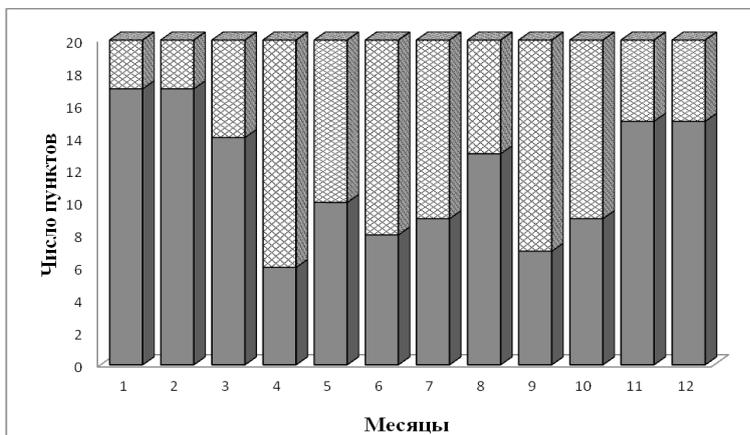


Рис. 4.2. Количество гидрологических пунктов наблюдения на реках Азербайджана с изменением месячного стока за 1976-2010 гг.

*Примечание: всего 19 пунктов*

- количество пунктов с увеличением стока;
- количество пунктов с уменьшением стока.

#### 4.4. Изменение водных ресурсов местных рек

В условиях изменения климата и усиления антропогенной нагрузки на природную среду в ближайшее десятилетие одним из главных направлений научных гидрологических исследований является оценка поверхностных и подземных водных ресурсов. В рамках изучения водного баланса речных бассейнов Рустамов С.Г. и Кашкай Р.М. в 1978 году выполнили оценку местных водных ресурсов всех регионов Азербайджана, используя данные наблюдений по 1972 год [Рустамов, Кашкай, 1978]. Трансграничные и местные ресурсы речных вод Азербайджана в последний раз были оценены в 1989 году, с использованием данных наблюдений по 1975 г. и составили 30,9 км<sup>3</sup> [Рустамов, Кашкай, 1989]. В данном разделе выполнена оценка изменений местных водных ресурсов Азербайджана в целом и отдельно по регионам за период с 1973 по 2011 годы с использованием данных наблюдений по 40 замыкающим створам. В зависимости от региона к расчетам привлекались данные по 2010, 2011 годы. Лишь в Карабахском регионе данные наблюдений охватывают период по 1988 г. В расчетах, как для предыдущего (по 1972 год), так и для последующего периода (1973-2010, 2011 гг.) использованы данные по одним и тем же рекам. Оценка местных водных ресурсов и их изменений осуществлена методом отношений и сравнения. Для каждого региона для предыдущего и последующего периодов определены суммы среднемноголетних годовых расходов воды рек. Установлены отношения суммарных расходов воды второго периода к первому, которые для всех регионов оказались меньше единицы. Происходит повсеместное уменьшение годового стока. Региональные значения отношений суммарных расходов воды умножались на соответствующие величины региональных местных водных ресурсов и получены их значения для второго периода. Для каждого региона определена разница величин водных ресурсов за периоды по 1972 год и 1973-2010 (2011) годы (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Оценка изменений местных водных ресурсов Азербайджана

N	Регионы	Водные ресурсы				Изменение водных ресурсов		
		до 1972 г.		1973-2011 гг.		м³/с	км³	%
		м³/с	км³	м³/с	км³			
1	Северо-вост. склон Большого Кавказа	18.84	1.164	17.74	1.092	1.10	0.072	6.18
2	Апшерон-Гобыстан	1.63	0.422	1.24	0.319	0.39	0.103	24.4
3	Бассейн р.Ганых	35.55	2.129	33.45	2.004	2.10	0.125	5.87
4	Ширван	44.34	1.591	36.2	1.298	8.14	0.293	18.4
5	Джейранчель-Аджиноур	4.86	0.153	4.86	0.153	0	0	0
6	Северо-вост. склон Малого Кавказа	29.92	1.173	29.03	1.135	0.89	0.038	3.24
7	Карабах	39.39	1.808	25.4	1.167	13.99	0.641	35.4
8	Нахичеван	9.78	0.640	7.76	0.507	2.02	0.133	20.8
9	Ленкоран	26.48	1.229	21.36	0.992	5.12	0.237	19.3
	Всего		10.309		8.667		1.642	15.9

*Примечание. В Джейранчель-Аджиноурском регионе отсутствуют постоянно действующая речная сеть, местные водные ресурсы не оценивались.*

Как показали расчеты, в настоящее время водные ресурсы местных водотоков Азербайджана составляют 8,667 км³, что по сравнению с периодом по 1972 год меньше на 1,642 км³ (15,9%). Наибольшее уменьшение водных ресурсов наблюдается в Карабахском, Ширванском, Нахичеванском и Ленкоранском регионах. Возможными причинами уменьшения местных водных ресурсов Азербайджана являются развитие антропогенной деятельности в речных бассейнах и изменения климата.

#### 4.5. Роль водохранилищ в улучшении обеспеченности водными ресурсами

Водные ресурсы отдельных регионов, стран и речных бассейнов оцениваются по данным годового речного стока рек, который имеет две составляющие — поверхностный и подземный сток. Основная часть поверхностного стока формируется за относительно короткий период времени (во время весеннего половодья и дождевых павод-

ков), и поэтому в условиях естественного режима реки, т. е. без регулирования, рациональное ее использование невозможно. Подземный сток, в течение всего года участвует в питании рек. В периоды зимней и летне-осенней межени эти воды являются главным источником питания рек. Таким образом, в меженные периоды водопользование осуществляется в основном за счет подземного стока. С точки зрения эффективности использования водных ресурсов, более благоприятными считаются реки с большей долей подземного стока. По этой причине, подземный сток рек также называют «базисным стоком» [Виссмен и др., 1979] или же «устойчивым стоком» [Барабанова, 2012]. Соотношение поверхностного и подземного стока рек определяется в первую очередь видом атмосферных осадков и гидрогеологическими условиями речных водосборов. Это хорошо видно из гидрографов рек Гянджачай и Забухчай, бассейны которых характеризуются различными гидрогеологическими условиями (рис. 4.3).

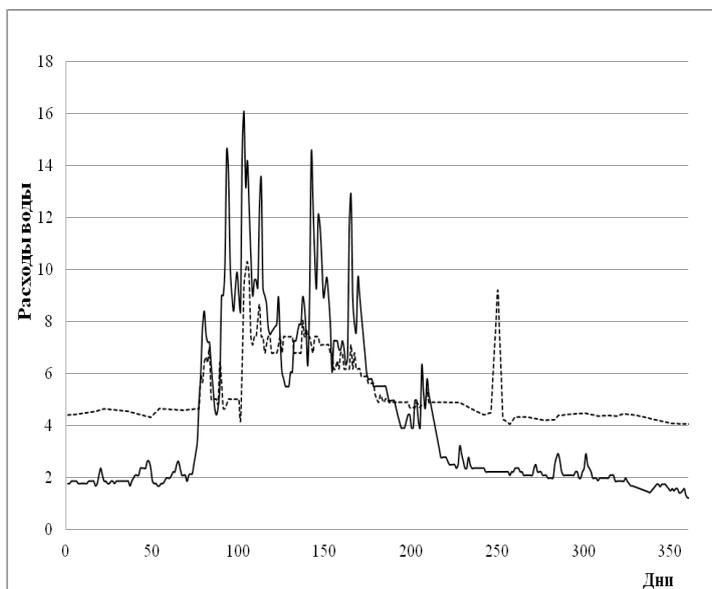


Рис 4.3. Гидрографы стока рек Гянджачай (п. Зурнабад) (—) и Забухчай (п. Забух) (---) 1985 г.

Поверхностная и подземная составляющие речного стока рек Азербайджана были оценены в рамках исследования водного баланса речных бассейнов [Рустамов и др., 1969, Рустамов, Кашкай, 1978; Кашкай, 1973]. Анализ этих данных показывает, что соотношение поверхностного и подземного стока различается по регионам. В маловодные годы доля подземного стока в общем речном стоке несколько увеличивается, а в многоводные годы, наоборот уменьшается. Суммарный подземный сток местных рек Азербайджана составляет  $4.354 \text{ км}^3$  (42.2 %), а поверхностный сток  $5.955 \text{ км}^3$  (57.8 %).

Поверхностный сток превышает подземный сток на 15.6%. В настоящее время страны с ограниченными водными ресурсами стремятся к увеличению собственных ресурсов «устойчивого стока». В этом направлении доступным и относительно дешевым способом является построение водохранилищ [Иманов, Маммадов, 2010]. В конце XX века этим путем «устойчивый сток» всей суши увеличен на 27% [Львович, 1986]. В начале XXI века эта цифра составила уже 34% [Авакян, 1998].

Гидрологические особенности водохранилищ Азербайджана исследованы недостаточно. Относительно хорошо изучены гидрологический режим и экологические условия крупных водохранилищ [Халилов, 2003]. В Кадастре мелиоративных и водохозяйственных систем приводятся классификации водохранилищ по различным показателям: по характеру водопользования и регулирования, полному объему, площади, глубине [Ахмедзаде и Гашимов, 2006]. До 1986 года в Азербайджане функционировало 41 водохранилище с общим объемом  $21456,8 \text{ млн м}^3$  и полезным объемом  $11136,74 \text{ млн м}^3$  [Ахмедзаде и Гашимов, 2006]. В начале XXI века количество водохранилищ увеличилось до 135, из которых 62 имеет объем более  $1 \text{ млн м}^3$ , в которых накоплено  $21542.4 \text{ млн м}^3$  воды. Существуют еще 73 небольших водохранилищ (объемом менее  $1 \text{ млн м}^3$ ) с общим объемом  $56.6 \text{ млн м}^3$  [Ахмедзаде, 2003]. Таким образом, к 2013 году полный объем всех водохранилищ составлял  $21599.0 \text{ млн м}^3$ .

В 2013 и 2014 годах запущены в эксплуатацию Тахтакерпинское (268 млн м<sup>3</sup>) и Шамкирчайское (164 млн м<sup>3</sup>) водохранилища. С введением в строй Тахтакерпинского водохранилища улучшено водоснабжение г. Сумгаит и нескольких административных районов Азербайджана. Воды Шамкирчайского водохранилища используются для улучшения ситуации с обеспечением водой 50 тыс. га земель и освоения еще 20 тыс. га земель, а также для водоснабжения городов Гянджа, Шамкир и др. населенных пунктов. С учетом этих двух водохранилищ полный объем всех водохранилищ составляет 22031.0 млн м<sup>3</sup>. В таблице 4.4 приведены сведения по водохранилищам Азербайджана объемом более 10 млн м<sup>3</sup> и об «устойчивом стоке» рек, питающих их. Количество таких водохранилищ составляет 23. Следует отметить, что данные, приведенные в работах Халилова Г.А., Ахмедзаде А. Дж. по водохранилищам, в частности, Нохуркишлакское, Пирсаатское отличаются от приведенных в данной работе [Халилов, 2003, Ахмедзаде, 2003, 2006]. В таблице 4.4 для 4-х водохранилищ, построенных на р. Куре, приведены суммарные значения полного и полезного объемов. Полный объем всех приведенных водохранилищ составляет 22196.6 млн м<sup>3</sup>. Эта цифра несколько больше по сравнению с полным объемом всех водохранилищ Азербайджана, приведенным выше (22031.0 млн м<sup>3</sup>). Эта разница (165.6 млн м<sup>3</sup>) находится в пределах точности расчетов объема водохранилищ (0.75%). Исследования показали, что практически весь объем искусственных водных ресурсов Азербайджана сосредоточен в крупных водохранилищах.

В данной оценке речной сток, зарегулированный водохранилищами, принят равным их полезному объему. Естественный устойчивый сток соответствует подземному стоку. Современный устойчивый сток найден по сумме показателей естественного устойчивого стока и полезного объема водохранилищ. Увеличение устойчивого стока представляет собой отношение полезного объема к подземному стоку, выраженное в процентах.

Таблица 4.4. Регулирование стока рек Азербайджана водохранилищами  
(объем более 10 млн м<sup>3</sup>)

	Название водхр.	Реки, питающие водхр.	Полный объем водхр.	Сток, зарегулированный водхр.	Естественный устойчивый сток	Современный устойчивый сток	Увеличение устойчивого стока, %	Регулирование паводковой составляющей, %	Кл	
										Водохранилища на трансграничных реках
1	Мингечаурское, Шамкирское, Еникендское, Варваринское	Кура	18965	8650	3005	11655	288	123	0.46	
2	Аразское	Араз	1350	1150	2724	3874	42.2	36.0	0.85	
3	Джейранбатанское	Самур	186	150	239	389	62.8	-	0.81	
4	Арпачайское	Арпа	150	140	321	461	43.6	44.1	0.93	
5	Актафачайское	Актафачай	120	111	135	246	82.2	55.0	0.92	
6	Джогасское	Джогасчай	20	19	11	30	172	96.0	0.95	
7	Ахнджачайское	Ахнджачай	14	12	23	35	52.2	17.3	0.86	
8	Болгарчайское	Болгарчай	12	11	13	24	84.6	21.2	0.92	
Водохранилища на местных реках										
9	Сарсангское	Тертер	565	500	404	904	124	158	0.88	
10	Тахтакерлинское	Тахтакерпи и др.	268	238	-	-	-	-	0.89	
11	Шамкирчайское	Шамкирчай	164	153	146	299	105	123	0.93	
12	Вайхырское	Нахичеванчай	100	90	84	174	107	94.9	0.90	
13	Сирабское	Нахичеванчай	12.7	12	-	-	-	-	0.94	
14	Агричайское	Агричай	80	67	347	414	19.3	20.9	0.84	
15	Ханбуланчайское	Башару	52	45	37	82	122	-	0.86	
16	Вялячайское	Вялячай	46	38	47	85	80.8	29.7	0.83	
17	Хачинчайское	Хачинчай	23	20	48	68	41.7	25.5	0.87	
18	Банангское	Алинджачай	17.4	16	17	33	94.1	65.9	0.92	
19	Нохуркишлакское	Дамирапаранчай, Вандамчай	16	12	-	-	-	-	0.75	

Регулирование паводковой составляющей равно отношению полезного объема к поверхностному стоку. Полезный объем водохранилища является одним из его важнейших показателей. Как правило, зависимость полезного объема от полного носит линейный характер (рис. 4.4). Отношение этих объемов называется коэффициентом водохозяйственного использования емкости водохранилища ( $K_i$ ) [Вода России..., 2001].

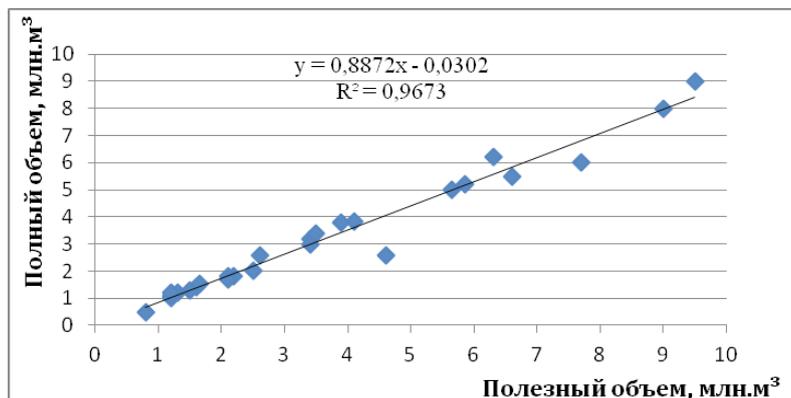


Рис. 4.4. Соотношение полного и полезного объема водохранилищ объемом 1-10 млн м<sup>3</sup>.

Коэффициент водохозяйственного использования емкости водохранилищ ( $K_i$ ) объемом более 10 млн м<sup>3</sup> изменяется от 0,17 (Варваринское водохранилище) до 0,95 (Джогасское водохранилище). Для Мингечаурского и Шамкирского водохранилищ, построенных на реке Куре, этот коэффициент относительно небольшой и составляет соответственно 0,45 и 0,53 при среднем значении 0,46. Исключение составляет Еникендское водохранилище, для которого  $K_i = 0,86$ , что связано с большими величинами мертвых объемов Мингечаурского, Шамкирского и Варваринского водохранилищ. Для остальных водохранилищ Азербайджана  $K_i$  довольно высокий и изменяется от 0,73 до 0,93 (табл. 4.4). Для водохранилищ объемом 1-10 млн м<sup>3</sup> средний  $K_i = 0,86$ . При объемах 10-100 млн м<sup>3</sup>  $K_i = 0,73$ . При объемах более 100 млн м<sup>3</sup>,  $K_i = 0,52$ . Для подавляющего большинства водохранилищ объемом менее

1 млн м<sup>3</sup> Ки = 1. Для всех 13 водохранилищ Нахичеванской природной области полный и полезный объемы равные, следовательно, Ки = 1 [Ахмедзаде, Гашимов, 2006]. В результате строительства водохранилищ увеличение устойчивого стока составляет от 19,3% (Агричайское водохранилище) до 288% (Мингечаурское, Шамкирское, Еникендское и Варваринское водохранилища вместе). Суммарный естественный устойчивый (подземный) сток рек, питающих водохранилища, приведенные в таблице 4.4 составляет 7601 млн м<sup>3</sup>, а современный устойчивый сток 18773 млн м<sup>3</sup>. Как показали расчеты, произошло увеличение устойчивого стока на 11172 млн м<sup>3</sup> (147%) и основная часть увеличения водных ресурсов приходится на долю водохранилищ, построенных на трансграничных реках. При расчетах увеличения устойчивого стока не были учтены полезные объемы Тахтакерпинского и Нохуркишлакского водохранилищ, так как в их питании участвуют несколько рек. Для наливного Джейранбатанского водохранилища в качестве устойчивого стока принят сток 50% естественного подземного стока реки Самур.

Регулирование паводковой составляющей (поверхностного стока) речного стока изменяется от 17,3% (Ахынджачайское водохранилище) до 158% (Сарсангкое водохранилище). Для водохранилищ Куринского каскада и Шамкирчайского водохранилища этот показатель очень высокий и составляет 123% (табл. 4.4). Это означает, что при оптимальном управлении водохранилищами, построенными на реке Куре, можно предотвратить катастрофические наводнения в ее нижнем течении. Для внерусловых водохранилищ (Джейранбатанское, Тахтакерпинское, Нохуркишлакское и Сирабское) оценка регулирования паводковой составляющей не выполнялась. Следует отметить, что для водохранилищ Азербайджана подобные исследования проведены впервые и в основном использованы данные водохранилищ объемом более 10 млн м<sup>3</sup>. Безусловно, полученные результаты следует рассматривать как ориентировочные.

#### 4.6. Взаимодействие поверхностных и подземных вод

При оценке подземного стока рек необходимо учитывать связь речных и подземных вод. Взаимодействие между поверхностными и подземными водами происходит в двух противоположных направлениях. Поверхностные воды фильтруются из различных водных объектов в почво-грунты и пополняют запасы подземных вод. Подземные воды в свою очередь фильтруются в реки и озера и формируют подземный компонент речного стока и водного баланса поверхностных водных объектов. На связь речных и подземных вод влияют геологическое и геоморфологическое строение речных бассейнов, условия формирования подземного и речного стока, изменения соотношения тепла и влаги с высотой местности и др. Одним из количественных показателей взаимодействия речных и подземных вод является коэффициент подземного питания реки. В горных районах, в том числе и на Кавказе, основные природные условия формирования полного речного стока и его подземной составляющей изменяются в двух направлениях: с одной стороны, с высотой местности, с другой — в широтном направлении. Бассейн каждой горной реки можно разбить на зоны формирования, транзита и нарушений стока [Рустамов, 1960], которые особенно ярко проявляются в маловодные периоды. Эти зоны различаются по климатическим и гидрологическим особенностям, по характеру взаимодействия речных и подземных вод. В данной работе зона транзита самостоятельно не выделялась, поскольку в периоды выпадения жидких осадков и оттепелей она фактически представляет собой зону формирования. Зона формирования стока охватывает основную горную часть речных водосборов. В пределах этой зоны, как правило, области формирования и разгрузки подземных вод совпадают. Подземные воды разгружаются в реки чаще всего в виде нисходящих родников в местах пересечения водоносных горизонтов с отрицательными формами рельефа или же непосредственно дренируются реками. Соотношения родникового и дренируемого составляющих периодов низкого стока закономерно

изменяются с высотой местности. Обычно с высотой растет количество родников и соответственно увеличивается доля родникового стока. Однако увеличение количества родников и их дебитов происходит до определенных высот [Кашкай, 1975]. С учетом обводненности водовмещающих пород, количества и дебита родников, а также геоморфологических особенностей зону формирования можно разбить на три части: высокогорную, среднегорную и низкогорную. Высокогорная часть ( $H > 2500\text{ м}$ ) обычно сложена слабОВОДПРОНИЦАЕМЫМИ скальными породами и характеризуются большими уклонами местности. Реки протекают по глубоким ущельям, склоны отличаются большой крутизной. Аллювиальные отложения почти отсутствуют. Все это благоприятствует образованию поверхностного стока. На подземное питание рек расходуется около 15% атмосферных осадков [Соколов, Саркисян, 1981]. Выходы подземных вод в виде родников встречаются редко. Они отличаются незначительными дебитами и наибольшей динамичностью. В отдельных районах родники отсутствуют. Следует отметить, что в высокогорной части первой зоны происходит уменьшение количества атмосферных осадков. Эта часть зоны формирования стока по сравнению с частью среднегорной занимает небольшую территорию. Для исследуемой территории наиболее характерны среднегорные формы рельефа (1000–2500 м). Здесь развиты делювиальные, аллювиальные и пролювиальные отложения, что вместе с относительно небольшими уклонами местности благоприятствует образованию подземных вод. Основные выходы родников приурочены к этой части зоны формирования. Эти родники характеризуются меньшей динамичностью, их режим повторяет в целом ход атмосферных осадков, однако в значительно сглаженном виде и с запаздыванием в 1-3 месяца [Соколов, Саркисян, 1981]. Для среднегорной части зоны формирования характерно увеличение доли дренируемого стока, которая часто превышает величину родникового стока [Задорожная, 1972].

Низкогорная предгорная часть горной зоны представляет собой переходную зону от горного денудационного к аккумулятивному рельефу. Характерно умеренное или

слабое расчленение рельефа, и хребты имеют высоты 500-1000 м. Реки текут по широким долинам, которые сложены аллювиальными отложениями. Грунтовые воды этих отложений непосредственно дренируются реками и получают питание в течение всего года. В низкогорно-предгорную часть зоны формирования выпадает небольшое количество атмосферных осадков и величина испарения достаточно большая. Соответственно, здесь родников мало и их дебиты в основном незначительны. Поэтому эта часть зоны формирования в периоды отсутствия дождей и оттепелей практически представляет зону транзита стока. Зона нарушений стока охватывает предгорные и межгорные равнины и низменности региона (до 1000–2000 м). В Восточном Кавказе верхняя граница ее проходит по вершинам конусов выноса горных рек и образована слившимися между собой конусами выноса постоянных и временных водотоков. Здесь мощность отложений достигает 300–500 м, а иногда и до 2 тыс. м [Листенгартен, 1977]. В привершинных частях конусов выноса, которые сложены хорошо проницаемыми валунами, галечниками и гравием с песчаным, супесчаным и суглинистым заполнителем, речной сток частично (30–50%), а в отдельные годы и полностью поглощается и подпитывает подземные воды. Здесь грунтовые воды залегают на значительных глубинах. По мере продвижения к периферии конусов выноса происходит переслаивание хорошо и менее проницаемых отложений. Уровень грунтовых вод приближается к дневной поверхности и происходит выклинивание подземных вод в виде родников. Однако лишь некоторая часть этих вод поступает в ближайшие реки, а остальная часть образует заболоченности или же «карасу». В связи с засушливостью климата равнинных и низменных районов основная часть этих вод в летне-осенний сезон испаряется. В летне-осенний сезон уровни грунтовых вод в пределах конусов выноса значительно снижаются. Многие родники прекращают свое существование. Постоянными дебитами отличаются лишь те родники, которые получают дополнительное питание из коренных пород зоны формирования (10-15%) [Гидроге-

ология СССР, 1969]. На режим рек в летне-осенний сезон, кроме естественных факторов влияют и антропогенные: именно в пределах зоны нарушений находятся практически все орошаемые земли исследуемой территории. В результате этого часть рек в летне-осенний период не доносят свои воды до устья [Рустамов, 1960]. В областях развития вулканогенных бассейнов гидравлическая связь речных и подземных вод, как правило, отсутствует. Здесь интенсивной инфильтрации снеговых и дождевых вод способствует хорошая водопроницаемость вулканогенных пород. Основная часть подземного стока в реки формируется родниками [Соколов, Саркисян, 1981].

В районах распространения карстовых вод гидравлическая связь речных и подземных вод также отсутствует. Подземное питание рек осуществляется многочисленными родниками. На отдельных участках по длине реки наблюдаются потери речных вод, которые заполняют карстовые полости. На участках поглощения речных и разгрузки карстовых вод наблюдаются резкое уменьшение или увеличение расхода воды в реке [Соколов, Саркисян, 1981]. На территории Азербайджана карст не имеет широкого развития. Есть предположение, что в верхних частях бассейнов рек Гянджачай и Кудиалчай происходит подземный водообмен в карстовых породах. В этих бассейнах среднемноголетние величины минимального зимнего стока рек Зивланчай, Дастафюрчай, Кудиалчай и Хыналыгчай отличаются от их зональных значений на 46-97% [Иманов, 2000].

До настоящего времени в горной части Азербайджана отсутствует стационарная сеть наблюдений за режимом подземных вод. Режим подземных вод горной зоны изучался на материалах по 240 родникам в бассейне р. Гянджачай за период с 1965 по 1974 годы, на участке от ее истоков до с. Зурнабад. Выявлено, что среднегодовые дебиты родников района составили 0,6 л/с, суммарные дебиты 145 л/с и средний модуль родникового стока 0,43 л/с·км<sup>2</sup> [Геология Азербайджана, 2008].

Одной из широко распространенных особенностей связи речных и подземных вод является водообмен меж-

ду реками и дренируемыми ими водовмещающими горными породами. Вследствие вертикального водообмена происходит неоднократная трансформация стока по длине рек, т.е. переход речного (поверхностного) стока в подземный и обратно. Это особенность достаточно ярко проявляется в меженный период практически во всех горных районах [Соколов, Саркисян, 1981]. Во внутренних районах Азии инфильтрация речных вод на реках длиной менее 10 км составляет в среднем  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$  на 1 км длины. На средних реках эти величины могут достигать значений  $0,05\text{-}0,15 \text{ м}^3/\text{с}$ . На крупных реках потери речных вод на инфильтрацию составляют  $0,15\text{-}0,50 \text{ м}^3/\text{с}$ , достигая в отдельных случаях величин в  $1\text{-}2 \text{ м}^3/\text{с}$  и более [Кузнецов, 1976].

В формировании подземных вод аллювиальных отложений речных долин значительную роль играют подрусловые воды рек. В 1986-1988 годах, для изучения подрусловых вод Губа-Гусарской зоны (реки Кусарчай, Кудиялчай, Вельвеличай и др.) было пробурено 42 скважины, глубиной 40-45 м. Дебиты пробуренных скважин составили от 3,3 до 8,5 л/с. Определенные коэффициенты фильтрации водосодержащих пород колебались в пределах  $1,63\text{-}9,04 \text{ м/сут.}$ , водопроницаемость  $61\text{-}200 \text{ м}^2/\text{сут.}$  [Геология Азербайджана, 2008]. В период с 1964 по 1966 год были выполнены гидрогеологические исследования подрусловых вод рек северо-восточного и юго-восточного склонов Малого Кавказа (реки от р. Гасансу до р. Гаргарчай). Коэффициенты фильтрации распространенных здесь водосодержащих пород колебались в пределах от 80,1 до 96,0 м/сут., а расходы подрусловых потоков — от 82,0 до 724,3 л/с.

Для оценки потерь речных вод на фильтрацию были проведены гидрометрические съемки по длине рек. В частности, измерялись расходы воды по длине рек Кудиялчай, Кусарчай и Вельвеличай. Полевые исследования проводились в период с 25.01 по 01.02.1963, в период установления минимальных зимних расходов воды в руслах рек. Выявлено, что по длине рек потери на фильтрацию в подрусловые отложения в период исследований изменялись от 2,3 до 17% стока в русле. Величина фильтрации

в большинстве случаев уменьшается вниз по течению. Это вызвано рядом факторов: поступлением в русла возвратных вод из орошаемых территорий, более высоким стоянием уровня грунтовых вод, уменьшением уклонов рек, скорости течения. Кроме того, уменьшение диаметра перемещаемых водными потоками наносов вниз по длине реки приводит к кальматации русла наносами и снижению его фильтрационных способностей [Быков и др., 1964].

В формировании приходной части баланса подземных вод ( $6,51 \text{ км}^3/\text{год}$ ) межгорных и предгорных равнин Азербайджана основную роль играют инфильтрация атмосферных осадков  $1,92 \text{ км}^3/\text{год}$  (29,5%) и инфильтрация из рек  $1,77 \text{ км}^3/\text{год}$  (27,2%) [Геология Азербайджана..., 2008].

Для рек северо-восточного склона Малого Кавказа доля подземного питания от годового в среднем в теплый период года составляет 19–61% и холодный период 14–37%. В пределах этой территории доля подземного питания рек увеличивается с запада на восток. В указанном направлении происходит уменьшение глубины залегания грунтовых вод от 10–20 м до 2–5 м. Коэффициент подземного стока рек изменяется от 0,06 до 0,36. Величина стока летней межени больше стока зимней межени. Основная часть летнего и зимнего меженного стока (90 — 95%) формируется подземными водами, гидравлически связанными с рекой, и с поверхностными водами [Агаларов, Кисин, 1963].

В бассейне р. Кимасар (Средняя Азия) с площадью водосбора  $7,6 \text{ км}^2$  суммарный дебит родников для периода зимней межени составляет менее 5% речного стока [Литовченко, 1963]. Результаты расчета по материалам наблюдений за режимом родников и уровней подземных вод для пяти горных водосборов Средней Азии показали, что сток родников может составлять 11–85% от общего подземного питания этих рек [Борисов, Каюмова, 1971]. Доля родникового стока и дренажного притока составляющих подземного стока на реках Армении приблизительно равно [Мусаелян, 1989]. Показателем участия подземных вод в формировании речного стока

и, по существу, количественным показателем взаимодействия речных и подземных вод является коэффициент подземного питания реки. Для большинства горных рек величины коэффициента подземного питания составляют 40-60% и в среднем для всех рек Земли 35% [Водные ресурсы России, 2008]. Считается, что в горных районах показатели гидравлической связи речных и подземных вод закономерно изменяются с высотой местности. Выполнен анализ зависимостей коэффициента подземного питания рек ( $k$ ) Азербайджана от средней высоты водосбора ( $H$ ). Данные о коэффициенте подземного питания рек заимствованы из работы [Рустамов, Кашкай, 1978]. На изучаемой территории устойчивая зависимость выявлена для трех из шести выделенных районов (табл. 4.5). В таблице 4.5 приведены аналитические выражения и коэффициенты корреляции этих связей. Наиболее тесные связи получены для рек северо-восточного склона Малого Кавказа и Карабаха. Зависимость  $k = f(H)$  является расчетной и для рек северо-восточного склона Большого Кавказа ( $r = 0.72$ ) (рис. 4.5). Рассмотренная зависимость прослеживается и в Ленкоранском районе, однако она выражена более слабо ( $r = 0.54$ ).

Таблица 4.5. Коэффициент подземного питания ( $k$ ) рек Азербайджана

№	Район	Уравнение регрессии ( $k$ )	Коэффициент корреляции ( $r$ )
1	Северо-восточный склон Большого Кавказа	$k = 0,008 \cdot H + 23,2$	0,72
2	Горный Ширван	0,42	-
3	Бассейн р.Ганых	0,48	-
4	Северо-восточный склон Малого Кавказа и Карабах	$k = 0,0285 \cdot H - 7,0028$	0,91
5	Нахичеван	0,46	-
6	Ленкоран	$k = 0,0049 \cdot H + 24,087$	0,54

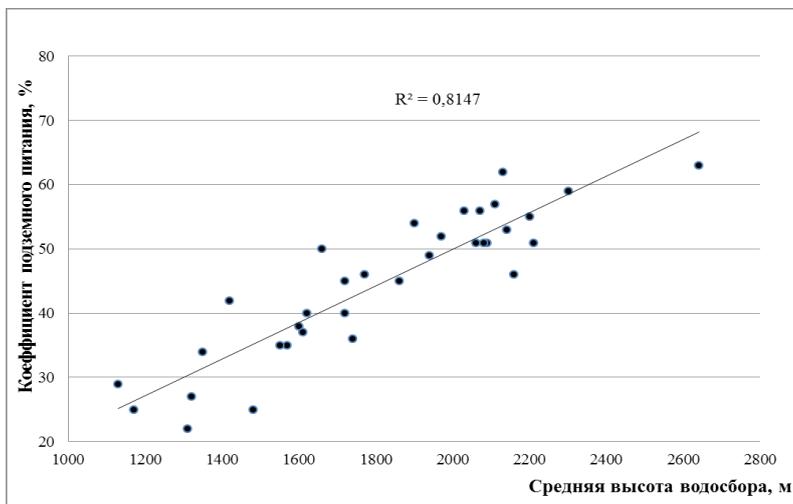


Рис. 4.5. Зависимость коэффициента подземного питания рек от средней высоты водосбора для рек северо-восточного склона Малого Кавказа и Карабаха

Увеличение коэффициента подземного питания рек с высотой, помимо геологического и геоморфологического строения речных бассейнов, зависит от величины снеговых вод, которая также возрастает в указанном направлении. Для ряда районов зависимость коэффициента подземного питания рек от средней высоты водосбора не выражена. В этих районах разнообразие значений коэффициентов подземного питания рек вызваны случайными факторами, и для них принято среднее значение коэффициента, отклонения от которого находятся в пределах  $\pm 20\%$ .

## Глава 5 ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

### 5.1. Наводнения

К опасным природным процессам относят события, приводящие к социальным, экономическим и экологическим ущербам. По происхождению они могут быть природными, антропогенными и природно-антропогенными. Опасными гидрологическими явлениями являются наводнения, паводки, сели, маловодья и др. [Алексеевский, 2006]. Показателями экстремальных гидрологических явлений являются максимальные, минимальные уровни и расходы воды, их продолжительность стояния, повторяемость, превышение ПДК загрязняющих веществ и др. [Коронкевич и др., 2006].

По данным международной базы данных по катастрофам, в период 1995-2011 год в странах Южного Кавказа от наводнений и паводков пострадали чуть менее 2 млн человек, а общий ущерб составил около 130 миллионов долларов США [[www.emdat.be](http://www.emdat.be)].

В 2010 году Европейское региональное бюро Всемирной Организации Здравоохранения [WHO-ROE, 2010] провело исследование на Южном Кавказе, на основе которых были составлены карты наводнений по степени опасности отдельно для трех стран Южного Кавказа, где показано, что большая часть людей населяет области со средним и очень низким уровнем опасности наводнений (табл. 5.1).

В бассейне Куры, на территории Грузии, Армении и Азербайджана, часто бывают наводнения (рис. 5.1). Как правило, масштаб и ущерб от наводнения имеет тенденцию к увеличению вниз по течению. Соответственно, от наводнений в нижнем течении реки Кура больше всего страдает Азербайджан.

Таблица 5.1. Опасности наводнений на Южном Кавказе [WHO-ROE, 2010].

Уровень интенсивности опасности наводнений	Армения		Азербайджан		Грузия	
	Численность населения	%	Численность населения	%	Численность населения	%
Очень высокая	4,606	0,15	2	0,00	1	0,00
Высокая	174,984	5,6	921,686	10,32	585,842	13,89
Средняя	1,943,326	62,88	2,947,252	32,99	2,094,122	49,63
Низкая	169,170	5,47	545,740	6,11	440,389	10,44
Очень низкая	798,293	25,83	4,519,248	50,59	1,047,271	24,82
Всего	3,090,379		8,933,928		4,167,625	

Результаты анализа частоты наводнений на реках Азербайджана в период с 1966 по 2010 год показали, что начиная с 1998 года, повторяемость наводнений резко возросла [UN FCCC, 2010]. Степень опасности наводнений выросла от средней до высокой [CENN/ITC, 2012]. Оценка повторяемости наводнений на реках Грузии выполнена по данным всех работающих гидрологических станций. Повторяемость выросла. На водотоках Армении 20-30% территории страны подвержены наводнениям, паводкам и селям [SEI, 2009].

Ниже приводится анализ гидрометеорологических условий и причин наводнения на реках бассейна реки Кура в 2010 году. Анализ метеорологических условий в бассейне р. Куры показал, что в 2010 году с февраля по май, а также в сентябре и октябре количество осадков существенно превысило норму. В апреле осадки были выше нормы почти в два раза. В ноябре и декабре, наоборот, осадки были намного ниже нормы (рис. 5.2).

Интегральные суммы осредненных по территории месячных сумм атмосферных осадков позволяют оценить увлажненность 2010 года на территории Азербайджана. Начиная с февраля месяца во все месяцы количество осадков превышало средние многолетние значения (рис. 5.3). Годовая сумма осадков превысила норму на 11,4%.



Рис. 5.1. Карта бассейна Куры с указанием гидрологических пунктов наблюдения.

Примечание: номера гидрологических пунктов наблюдения соответствуют номерам в таблице 5.2

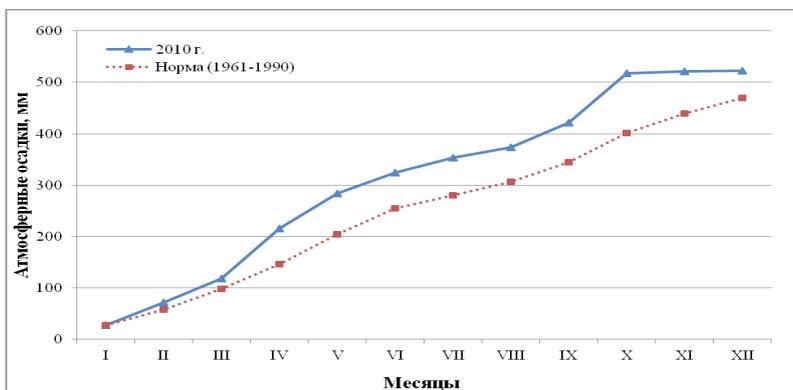


Рис. 5.2. Распределение осредненного количества месячных сумм осадков по Азербайджану

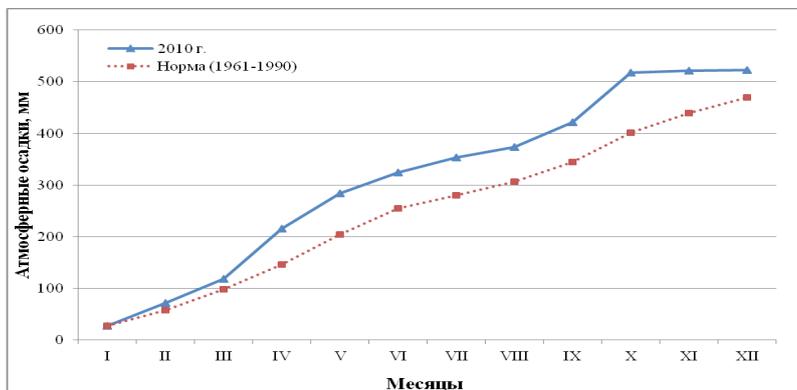


Рис. 5.3. Ход осредненных по территории Азербайджана последовательных месячных сумм атмосферных осадков

В течение всего 2010 года на реках Азербайджана наблюдалось порядка 20 сильных паводков, часть из них вызвали формирование селей. По масштабу причиненного ущерба наиболее опасными были паводки, вызвавшие сели на реках Кишчай, Шинчай, Кусарчай (реки Большого Кавказа), проходившие 2-3 мая, 24 июня, 14-15 июля, а также паводки, прошедшие 11-12 сентября на реках Ленкоранчай, Болгарчай и Вашаручай (реки Ленкоранской природной области).

При прохождении весеннего половодья 2010 года в нижнем течении реки Куры повышение уровня воды началось 24 апреля. Ситуация особо обострилась 1-3 мая, при выпадении ливневых дождей (рис. 5.4). С 24 апреля по 21 мая повышение уровня воды на р. Куре составило в створе Суре 199 см, в Ширване 177 см, в Сальяне 164 см, в Банке 82 см, на р. Араз в створе Новрузлу 216 см. По длине реки максимальные уровни воды наблюдались в период с 18 по 21 мая. Снижение уровня воды началось 7 июня и продолжалось до 30 июня. При прохождении половодья были прорваны береговые защитные дамбы, что привело к затоплению больших территорий, а также подтоплению озера-старицы Сарысу и Аджикабул.

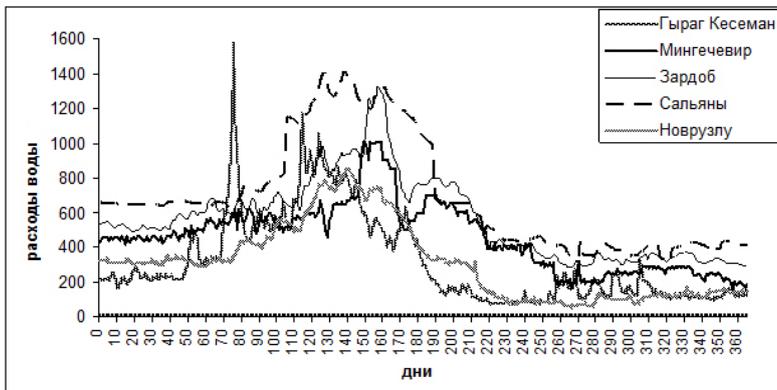


Рис. 5.4. Гидрографы рек Кура и Араз за 2010 г.

По данным многолетних наблюдений были определены обеспеченности максимальных срочных расходов воды рек Куры и Аракс (Араз), прошедших в 2010 и 2003 годах (табл. 5.2). Установлено, что в 2010 году на большинстве створов максимальные расходы воды на р. Кура были выше, чем в 2003 году. Это явилось следствием того, что в 2003 году воды р. Араз частично были направлены в старое русло. По этой причине в пункте п. Сальяны максимальный расход был на  $640 \text{ м}^3/\text{с}$  ниже, чем в вышерасположенном пункте Сурра (табл. 5.2), а максимум в замыкающем створе р. Араз был ниже, чем в 2003 году.

В работе Воробьева Ю. Л. и др. предложена дифференциация наводнений с учетом их повторяемости и производимого ими ущерба [Воробьев и др., 2003]. В частности, небольшие наводнения это наводнения, повторяемостью 1 раз в 5-8 лет (обеспеченность соответственно 20–12,5%), большие наводнения — повторяемостью 1 раз в 10-25 лет, (обеспеченность 10-4%), выдающиеся — повторяемостью 1 раз в 50-100 лет, (обеспеченность 2-1%), катастрофические — повторяемостью реже, чем 1 раз в 100 лет, (обеспеченность менее 1%).

Таблица 5.2. Максимальные срочные расходы воды рек Кура и Аракс (Араз) в 2010 и 2003 годах

№	Река-пункт	Среднеголет. макс. расходы воды, м <sup>3</sup> /с	Коэф. вариации, C <sub>v</sub>	2010 год		2003 год		$\frac{Q_{2010}}{Q_{2003}}$	Наивысшие максимальные расходы воды, м <sup>3</sup> /с, /P% (обеспеченность,%)
				$\frac{Q_{\max}}{M^3/с}$ дата прохождения	P <sub>%</sub>	$\frac{Q_{\max}}{M^3/с}$ дата прохождения	P <sub>%</sub>		
1	Кура-Гыраг Кесеман	1334	0,32	$\frac{1715}{17.03}$	20,9	$\frac{1680}{10.04}$	25,6	1.02	$\frac{2320(2,3\%)}{30.04.90}$
2	Кура-Мингечаур	641	0,29	$\frac{1005}{02.06}$	6,3	$\frac{536}{24.02}$	64,6	1.87	$\frac{1250(2,1\%)}{18.05.78}$
3	Кура-Зардоб	719	0,29	$\frac{1325}{06.06}$	1,7	$\frac{679}{25.05}$	50,8	1.95	$\frac{1325(1,7\%)}{06.06.10}$
4	Кура-Сурра	1127	0,41	$\frac{2060}{21.05}$	6,8	$\frac{1640}{09.06}$	16,9	1.26	$\frac{2680(1,7\%)}{09.05.69}$
5	Кура-Сальяны	1065	0,43	$\frac{1420}{19.05}$	22,0	$\frac{1635}{06.05}$	15,3	0.86	$\frac{2350(1,7\%)}{11.05.69}$
6	Аракс (Араз)-Саатлы	516	0,51	$\frac{843}{20.05}$	15,0	$\frac{875}{09.06}$	10,0	0.96	$\frac{1480(2,5\%)}{26.05.76}$

Согласно этой дифференциации, наводнение 2010 года в некоторых створах реки Куры было большим и выдающимся. На р. Аракс (Араз) в п. Саатлы (Новрузлу) (главный правый приток Куры) наводнение было небольшим, но вызванный ущерб был значительным. Аналогичная ситуация наблюдалась и на главном левом притоке реки Куры — Алазани (Ганых), где обеспеченность максимального расхода воды составила 27,3%. Рассчитаны обеспеченности наблюдаемых максимальных срочных расходов воды рек Азербайджана в 2010 году (табл. 5.3). Большинство представленных в таблице 5.3 рек являются притоками Куры, часть из них непосредственно впадают в Каспийское море. Для подавляющего большинства притоков р. Куры обеспеченности максимальных суточных расходов воды (P) составляют 32,1-88,9%. Исключением

является лишь р. Геокчай ( $P = 10,4\%$ ), являющаяся левым притоком Куры. Обеспеченности максимальных срочных расходов воды рек, непосредственно впадающих в Каспийское море, колеблются от 1,40 до 15,2%. Значительный ущерб от наводнений 2010 года вызван сочетанием ряда факторов, изложенных ниже.

Как указывалось выше, в 2010 году в бассейне р. Куры создались достаточно экстремальные метеорологические условия, что явилось первопричиной больших по объему наводнений. Помимо метеорологических факторов, причиной затоплений послужил факт неэффективного управления водохранилищами. Например, перед началом весеннего половодья на Куре уровень воды в Мингечевирском водохранилище сохранялся достаточно высоким (78,20 м). Как следствие, противопаводочный объем водохранилища был небольшим. Это не позволило в полной мере использовать регулируемую способность водохранилища. Максимальный уровень в водохранилище наблюдался 4 июня и составил 83,20 м, что является наивысшим за последние 35 лет. Дополнительным источником вод в р. Кура явился сток р. Аракс (Араз). Как показал анализ многолетних наблюдений, в устьевой части Куры наиболее критическая ситуация складывается в годы, когда на других притоках и на р. Аракс (Араз) бывают наводнения. Помимо перечисленных факторов, значительную роль сыграло аккумуляция речных наносов в устьевой части русла реки, вследствие чего уменьшилась его пропускная способность. В связи с поднятием уровня Каспийского моря в 1978 году усилились аккумуляционные процессы речных наносов в дельте Куры. Снижение максимальных расходов в период с 1995 по 2001 год способствовало замедлению размыва наносов в дельте естественным путем. В целях создания условий для судоходства в устьевой области Куры до 80-х годов прошлого века проводились профилактические дноуглубительные работы. В конце 80-х годов XX века эти работы были прекращены. Для обеспечения пропуска воды весной 2004 года в качестве начальной меры параллельно северо-восточному рукаву реки был прорыт канал шириной 50 м и

Таблица 5.3. Максимальные срочные расходы воды рек  
Азербайджана в 2010 году

№	Река-пункт	Средне-го-летние мак-симальные расходы воды	Коэф. вари-ации. $C_v$	2010 г.		Наивысшие максималь-ные расходы воды, $Q_{\max}$
				$Q_{\max}$	P%	
1	Алазани-ниже вп. р. Агричай	417	0.33	<u>502</u> 03.05	27.3	<u>742</u> 27.08.83
2	Гянджачай-Зурнабад	32.0	0.58	<u>25.6</u> 17.05	56.0	<u>107</u> 11.07.65
3	Кюракчай-Чайкенд	17.0	0.52	<u>6.90</u> 18.05	88.9	<u>45.7</u> 01.07.81
4	Дзегамчай-Агбашляр	81.7	0.72	<u>43.1</u> 27.06	67.8	<u>313</u> 24.07.63
5	Шамкирчай—Калакенд	13.4	0.49	<u>8.70</u> 16.03	71.7	<u>31.5</u> 31.05.78
6	Кусарчай-Кузун	26.1	0.48	<u>38.0</u> 08.06	15.2	<u>67.6</u> 14.05.73
7	Кудиалчай-Кюпчал	46.9	0.72	<u>29.0</u> 06.06	60.3	<u>232</u> 15.07.88
8	Вельвеличай-Тенгяалты	55.8	0.82	<u>95.8</u> 24.06	13.0	<u>256</u> 05.05.63
9	Дамирапаранчай-Габала	31.2	1.29	<u>13.7</u> 23.06	83.1	<u>322</u> 08.05.85
10	Геокчай-Геокчай	63.4	0.91	<u>111</u> 03.05	10.4	<u>424</u> 07.07.63
11	Ахохчай-Ханагя	15.8	1.71	<u>2.37</u> 24.04	73.7	<u>164</u> 27.08.63
12	Агричай-Баш-Дашагыл	17.6	1.05	<u>8.25</u> 31.05	73.8	<u>93.0</u> 24.06.82
13	Агричай-устье	51.5	0.48	<u>34.5</u> 08.10	70.8	<u>141</u> 01.05.82
14	Талачай—Закатала	35.1	1.66	<u>10.2</u> 10.05	75.0	<u>331</u> 11.07.73
15	Курмухай-Илису	38.2	1.81	<u>23.4</u> 29.05	32.1	<u>420</u> 16.07.73
16	Виляшчай-Шихляр	78.1	0.80	<u>48.9</u> 02.05	60.3	<u>396</u> 01.01.66
17	Ленкоранчай-Сифидор	148	0.62	<u>591</u> 10.09	1.40	<u>591</u> 10.09.10
18	Тангерю-Ваго	61.6	0.97	<u>110</u> 11.09	12.5	<u>355</u> 30.05.88
19	Вешарю-Даштатюк	83.7	1.09	<u>413</u> 11.09	2.80	<u>616</u> 03.09.56
20	Истисучай-Алаша	25.3	0.82	<u>19.6</u> 11.09	47.8	<u>98.8</u> 19.11.80

пропускной способностью 250-300 м<sup>3</sup>/с. В 2006 году были выполнены дноуглубительные работы в основном русле и в море. Однако, как показали события 2010 года, масштабы проведенных мероприятий были недостаточными. Главными причинами наводнения были неэффективное управление водохранилищами и аккумуляция речных наносов в устьевой части русла реки.

Наводнения в бассейне реки Куры, как и повсеместно, имеют социально-экономические и экологические последствия. Современный подход в борьбе с наводнениями предполагает применение комплексного подхода на уровне речных бассейнов, что предусматривает использование структурных и неструктурных мер.

## 5.2. Маловодья

Порядка 50% территории Азербайджана расположено в аридной зоне, что предопределяет актуальность проблем засух для многих районов страны. Засухи сказываются на урожайности сельскохозяйственных культур, например зерновых, и растительности на пастбищах. Засухи приводят к снижению водности рек, снижается выработка электроэнергии, страдают производства, потребляющие большое количество воды, ухудшается экологическая ситуация, как в русле реки, так и в ее бассейне [Мамедов и др., 2000, Панина, 1987, Сазонов, 1991]. По мнению многих ученых, аридные зоны мира находятся в состоянии усиления иссушения, о чем свидетельствуют увеличение частоты (повторяемости) засух. По Азербайджану, например, в 2000 году среднегодовая аномалия температуры воздуха по территории республики составила +1,3<sup>0</sup>С. Средняя годовая сумма осадков равнялась 444 мм, что на 8,3% меньше нормы. Лето 2000 года запомнится серьезным материальным ущербом, нанесенным экономике и прежде всего сельскому хозяйству Азербайджана в ходе сформировавшейся значительной засухи. Подобной засухи в стране до этого не было. Этот год характеризовался особенно аномально жаркими и засушливыми

погодными условиями. Средние температуры воздуха за июнь–август месяцы были в среднем на 1,6° С выше нормы (рис. 5.5). На рисунке 5.6 показан ход осредненных по территории последовательных месячных сумм атмосферных осадков за 2000 год.

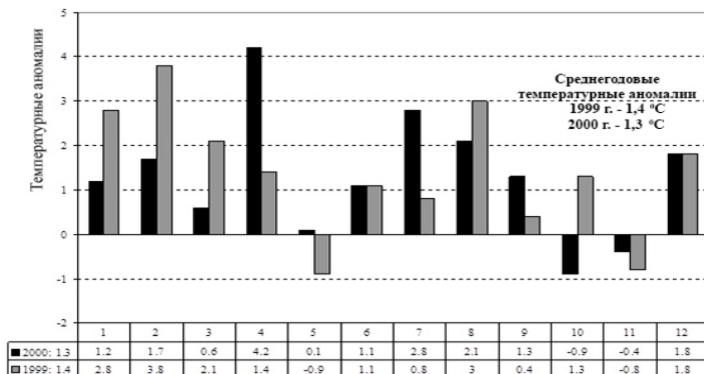


Рис. 5.5. Среднемесячные аномалии температуры воздуха, осредненные по территории Азербайджана

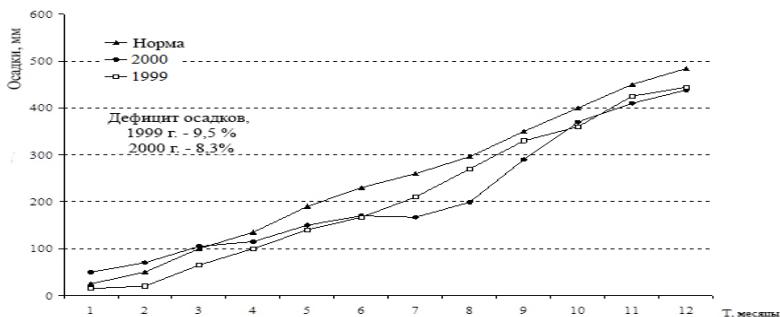


Рис 5.6. Суммы среднемесячных атмосферных осадков, осредненные по территории Азербайджана

В летние месяцы 2000-го года атмосферные осадки составили 38% от среднемноголетней величины. В июне осадки были ниже нормы на 56%, а в августе на 42%. Июль месяц был особенно засушливым: осадков выпа-

ло всего 7% от нормы. В центральных степных районах республики продолжительность без дождевого периода составила более 50 дней. Максимальная температура воздуха в некоторых аридных районах превышала абсолютные максимумы, наблюдавшиеся за более чем 100-летний период. Абсолютный максимум температуры для Азербайджана по г. Джульфа составил 46,1°С, превысив прежний на 1,5° С. Засуха 2000 года отразилась на всех типах растительности, произрастающих в Азербайджане. Она привела к тому, что вегетационный период растений завершился на 1–1,5 месяца раньше обычного срока. Отдельные виды кормовых растений, обычно завершающие свой цикл развития до середины апреля, в этом, исключительно неблагоприятном году закончили вегетацию до начала марта. Засуха иссушила высокогорные альпийские луга, являющиеся хранителями кормовой травы. Из-за отсутствия атмосферных осадков уже в середине июля на альпийских лугах не было травы. Во многих районах Азербайджана из-за засухи произошел заметный спад в урожайности пшеницы, хлопка, картофеля и винограда. По предварительным подсчетам, ущерб Азербайджана от засухи 2000 года составил 110 млн долларов США. В результате засухи в восьми районах страны было зарегистрировано семь местных пожаров, от которых пострадало около 110 км<sup>2</sup> территории. Засуха нанесла ущерб не только сельскому хозяйству. Водность главной реки страны Куры уменьшилась почти в три раза. Снизилась выработка электроэнергии, уменьшились орошаемые площади, пересохли многие малые реки. Засуха очень сильно отразилась на рыбных запасах Азербайджана. Из-за резкого уменьшения водности Куры река потеряла свою воспроизводительную функцию, нерест рыбы в реке не произошел: идущая на нерест рыба фактически оказалась на суше, оставшаяся под палящим солнцем оплодотворенная икра погибла.

Выполнена оценка влияния метеорологической засухи 2000 года на характеристики стока рек Азербайджана. Выбраны 10 гидрологических пунктов наблюдений, расположенных на реках различных природных районов, по

которым проведена оценка характеристик речного стока. В частности, исследованы минимальные среднемесячные, летне-осенние и зимние расходы воды по основным постам, а также максимальные расходы воды весеннего половодья. К анализу привлечены значения модульных коэффициентов, определенных как отношение годовых к средним многолетним величинам указанных гидрологических характеристик ( $K$ ), что позволяет сопоставить результаты, полученные для различных рек и стоковых характеристик.

В 2000 году для летне-осенних минимальных расходов воды средняя величина модульных коэффициентов была близка к единице ( $K = 1.02$ ), минимальный зимний сток превысил норму на 34%. Обращает на себя внимание очень низкое среднее значение модульных коэффициентов максимальных расходов воды весеннего половодья, которое составляет всего 0,40. Если учесть, что около 70% годового речного стока приходится на долю весеннего половодья, то становится очевидной причина необычайного маловодья 2000 года. Одной из основных причин резкого снижения водности рек Азербайджана в 2000 году является тот факт, что предшествующий ему 1999 год также был засушливым, о чем свидетельствуют температуры воздуха и атмосферные осадки, приведенные на рисунках 5.5 и 5.6. Как отмечалось выше, в 2000 году в среднем величина минимального летне-осеннего стока была близка к норме, а минимального зимнего стока, даже выше нормы. Это связано с тем, что в периоды минимального стока реки питаются преимущественно подземными водами постоянных водоносных горизонтов. Известно, что в формировании этих подземных вод участвуют осадки не только данного года, но и одного или нескольких предшествующих лет. В заключение необходимо отметить, что проблема засухи является не чисто экономической. Вследствие засухи наступают не только жажда, но и голод, и бедность. Поэтому необходимо более углубленное и комплексное изучение этого явления. Только после этого можно будет разрабатывать рекомендации по уменьшению отрицательных последствий засухи для экономики страны и окружающей среды.

## Глава 6.

# ОЦЕНКА ПРИТОКА РЕЧНЫХ ВОД В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Резкое снижение уровня Каспийского моря в 30-х годах XX века и катастрофическое его повышение в 1978-1995 годах привели к громадному экономическому ущербу в стране. Изменение уровня Каспийского моря и притока речного стока в него обусловлено, главным образом, изменениями климатических факторов в его бассейне [Шикломанов, 1988, Георгиевский, 2005]. В настоящее время значительно возросла роль антропогенных факторов в изменении притока речных вод в Каспийское море с территории Азербайджана. Исследованиям водности Каспийского моря посвящено ряд работ, в частности, в работе сотрудников ГОИНа приводятся результаты суммарного притока в Каспий по 1990 год [Гидрометеорология..., 1992]. Оценке притока в Каспийское море посвящены работы В. Ю. Георгиевского, К. В. Цыценко, А. Л. Шалыгина, Г. Ю. Фатуллаева, С. С. Ремизова, Х. К. Лахиджани и Г. Ф. Красножон [Георгиевский, и др., 2003, Фатуллаев, 2002, Ремизова, 1964, Лахиджани, Красножон, 1998].

Ранее выполненные исследования позволили установить, что из суммарного годового притока в  $302 \text{ км}^3$  в низовья рек, впадающих в Каспийское море, на долю Волги приходится 83% ( $242 \text{ км}^3$ ), а на долю Куры всего 6% ( $16,6 \text{ км}^3$ ) [Георгиевский, Цыценко, 2003]. С территории Азербайджана основная доля притока речных вод в Каспийское море составляет сток реки Куры. Следует отметить, что из общих водных ресурсов Азербайджана в  $30,9 \text{ км}^3$ , 87 % ( $26,9 \text{ км}^3$ ) составляют воды бассейна р. Куры. Из этого объема  $19,6 \text{ км}^3$  приходится на долю трансграничного притока и  $7,3 \text{ км}^3$  на местный сток.

Согласно исследованиям И. А. Шикломанова, уменьшение стока р. Куры (р. Аракс) на уровень 1973 года со-

ставляло  $2,3 \text{ км}^3$  (или  $4,6\%$  по отношению к предшествующему периоду) [Шикломанов, 1988]. До начала 1970-х годов антропогенные потери стока были незначительными, но к концу 1980-х годов эти потери уже составили порядка  $1 \text{ км}^3/\text{год}$  [Георгиевский, Цыценко, 2003]. Оценки водных ресурсов реки Куры, выполненные разными авторами, несколько различаются. В частности, по оценкам С. Г. Рустамова и Р. М. Кашкай, выполненным в 1989 году, водные ресурсы бассейна р. Куры составляют  $26,9 \text{ км}^3/\text{год}$  [Рустамов, Кашкай, 1989]. По расчетам Футулаева Г.Ю., выполненным в 2002 году, —  $28,2 \text{ км}^3/\text{год}$  [Фатуллаев, 2002]. В справочном издании «Водные ресурсы ..., 1988», приводится значение в  $22,9 \text{ км}^3/\text{год}$  [Водные ресурсы..., 1988]. В настоящее время в Азербайджане в основном используется оценка, полученная С. Г. Рустамовым и Р. М. Кашкай в 1989 году, т.е. величина водных ресурсов р. Кура принята равной  $26,9 \text{ км}^3/\text{год}$ . При естественном среднегодовом расходе воды р. Куры  $854 \text{ м}^3/\text{с}$  средний бытовой расход воды в замыкающем створе п. Сальяны за 1955-1975 гг. составил  $503 \text{ м}^3/\text{с}$ . Это означает, что уже тогда приток в Каспийское море сократился на  $351 \text{ м}^3/\text{с}$  или же  $41,1\%$  [Рустамов, Кашкай, 1989]. На участке реки Куры от с. Сурра до с. Сальяны уменьшение стока составило  $34 \text{ м}^3/\text{с}$ . Порядка  $1,07 \text{ м}^3/\text{с}$  отбирались насосными станциями и фактически являлось безвозвратными потерями для р. Куры. Условно-естественный среднегодовой расход воды р. Аракс составляет  $290 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $9,16 \text{ км}^3$ ) в год. На долю местного стока приходится  $1,32 \text{ км}^3/\text{год}$ , а трансграничного стока —  $7,84 \text{ км}^3/\text{год}$ . Средний годовой сток р. Аракс (Араз) в п. Саатлы за 1971-1977 гг. составил  $142 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $4,48 \text{ км}^3$ ). Следовательно, еще в 1977 году уменьшение стока этой реки составляло  $148 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $4,68 \text{ км}^3$ ), т.е.  $51\%$  от величины условно-естественного стока.

Анализ работ, посвященных оценке водных ресурсов бассейна р. Куры, показывает, что различными авторами используются различные методы при оценке притока речных вод в море. Это обуславливает различия в конечных результатах оценок, характеризующих

уменьшение водности реки Куры. В частности, как правило, выбираются различные расчетные периоды для сравнительного анализа изменений стока, или различные участки реки принимаются как опорные. Например, в работах Георгиевского В. Ю., Цыценко К. В. и Шалыгина А. Л. сток реки Куры, измеренный в пункте Сальяны, на расстоянии 85 км от моря считался притоком в море [Георгиевский и др., 2003, Цыценко и Шалыгин, 2006]. Как правило, во многих работах не учитывался сток в море по действующей коллекторно-дренажной сети в низовьях Куры. Следует отметить, что сброс коллекторно-дренажных вод в Каспий в конце 1980-х годов оценивался в 2–3 км<sup>3</sup>/год, что составляло около 20% водности Куры у морского края дельты [Георгиевский и др., 2003]. По данным ОАО Мелиорации и Водного хозяйства Азербайджана в настоящее время сброс коллекторно-дренажных вод непосредственно в Каспий оценивается в 4 км<sup>3</sup>/год. Из них около 3,4 км<sup>3</sup>/год приходится на долю Главного Миль-Муганского коллектора, а остальная часть — на долю Главного Ширванского коллектора. С учетом коллекторов река Кура ежегодно приносит в Каспий 16,6 км<sup>3</sup> воды. Потери стока в устьевой части реки, ниже г. Сальяны составляют 0,4 км<sup>3</sup> [Цыценко, Шалыгин, 2006]. Многими авторами принимается, что расходы речных вод непосредственно в дельте Куры вследствие их незначительной площади можно не учитывать в балансах, поскольку основные изменения стока и его потерь связаны с влиянием антропогенных факторов в зоне его формирования [Георгиевский и др., 2003].

По основным водотокам района рассчитаны среднемноголетние величины восстановленного условно-естественного стока. По величинам годового стока в створах наблюдений определены средние многолетние значения стока для двух периодов — весь период наблюдений — с 1955 по 2010 годы и период с 1991 по 2010 год. Расчетные среднемноголетние величины восстановленного условно-естественного стока сравнивались со средними многолетними значениями стока за соответствующие пе-

риоды. Результаты расчетов представлены в таблице 6.1. Расположение расчетных гидрологических постов представлено на рисунке 6.1.

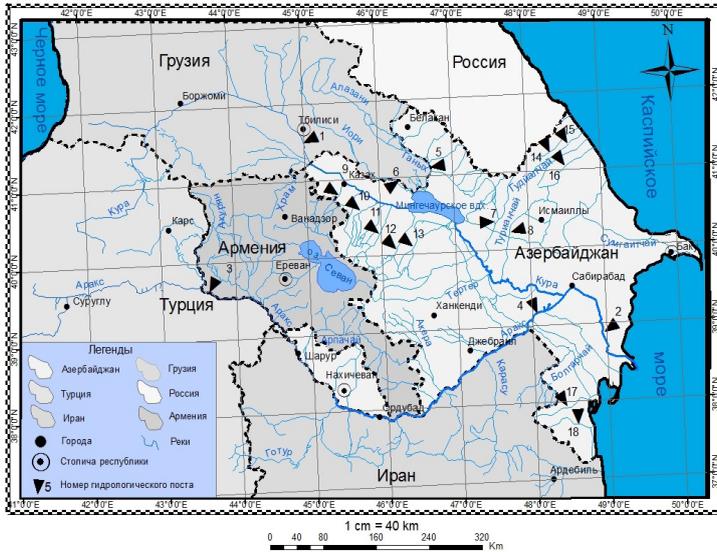


Рис. 6.1. Расположение гидрологических постов

Выполненные расчеты позволили выявить, что по сравнению с условно–естественным стоком наблюдаемые среднееголетние величины стока по водотокам района претерпели ряд значительных изменений. В частности, среднееголетний годовой сток р. Куры в замыкающем створе наблюдений с. Сальяны в период с 1991 по 2010 год снизился почти на 50 % ( $13,4 \text{ км}^3$ ) по сравнению со среднееголетней величиной восстановленного условно–естественного стока (табл. 6.1).

Расчеты показали, что на территории Грузии уменьшение стока р. Куры происходит ниже г. Тбилиси, где широко развита оросительная система. Уменьшение стока р. Аракс (Араз) также происходит на территории стран, расположенных в верхней части бассейна р. Куры (Турция, Иран, Армения). Снижение наблюдаемого стока от

условно-естественного на этих реках составляет в среднем порядка 22%.

Таблица 6.1. Изменение годового стока Куры и ее основных притоков

№	Река-пункт	$Q_{уср. \text{ год}}^{\text{лет}}$ , км <sup>3</sup>	За весь период наблюдения (1955-2010гг.)			За 1991-2010гг.		
			$Q_{\text{км}^3}^{\text{аб.}}$	$\Delta Q$		$Q_{\text{км}^3}^{\text{аб.}}$	$\Delta Q$	
				км <sup>3</sup>	%		км <sup>3</sup>	%
1	Кура-Тбилиси	7,10	6,38	-0,72	10,2	6,34	-0,76	10,7
2	Кура-Сальяны	26,95	15,59	-11,36	42,2	13,54	-13,41	49,8
3	Аракс-Сурмалу	3,13	2,55	-0,58	18,0	2,40	-0,73	23,0
4	Аракс-Саатлы	9,15	5,11	-4,04	44,0	5,99	-3,16	34,5
5	Ганых (Алазани)- в 1,7 км ниже р.Агричай	3,79	3,44	-0,35	9,17	3,50	-0,29	7,65
6	Габырры (Иори)-Кесаман	0,40	0,15	-0,25	63,0	-	-	-
7	Турианчай-Гидроузел	0,55	0,29	-0,26	47,5	0,33	-0,22	40,5
8	Геокчай-Геокчай	0,44	0,40	-0,04	9,22	0,45	+0,10	2,13
9	Актафачай-Мусакей	0,34	0,07	-0,27	78,4	-	-	-
10	Дзегамчай-Агбашлар	0,16	0,16	+0,24	4,88	0,16	+0,22	4,51
11	Шамкирчай-Мансырлы (Барсум)	0,27	0,26	-0,01	3,70	-	-	-
12	Гянджачай-Зурнабад	0,14	0,13	-0,01	7,14	0,12	-0,02	14,3
13	Кюракчай-Дозулар	0,13	0,12	-0,01	7,69	0,12	-0,01	7,69
14	Кусарчай-Кузун	0,15	0,14	-0,01	6,66	0,15	0	0
15	Кудиалчай-Кюпчал	0,24	0,21	-0,03	12,5	0,22	-0,02	7,43
16	Вельвеличай-Тенгалты	0,13	0,12	-0,01	7,69	0,13	0	0
17	Виляшчай-Шихлар	0,17	0,14	-0,03	17,6	0,12	-0,05	29,4
18	Ленкоранчай-Ленкорань	0,44	0,27	-0,17	38,0	0,23	-0,21	47,8

Изменения внутригодового распределения стока Куры за многолетний период также оценивались методом сравнения. Различия проявились в разнице в среднемноголетних значениях среднемесячных расходов воды за два расчетных периода: с 1950 по 1979 год и с 1980 по 2010 гг. Оценка проводилась для поста Сурра, расположенного ниже места слияния рек Кура и Аракс (Азербайджан). По данному посту выявлено, что в период 1980-2010 во все месяцы наблюдается значительное снижение стока реки

Куры по сравнению с периодом 1950-1979гг. В период декабрь, январь это снижение составляет 4–7%, в апреле–июне — от 27 до 33% (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Изменение среднемесячного стока (км<sup>3</sup>) р. Куры (п. Сурра) в различные периоды

Периоды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
1950-1979 гг.	1,47	1,37	1,54	1,94	2,31	1,83	1,11	0,87	0,95	1,11	1,14	1,38	17,0
1980-2010 гг.	1,36	1,24	1,38	1,41	1,62	1,22	0,86	0,84	0,75	0,86	1,08	1,32	13,9
Разница, Δ	-0,11	-0,13	-0,16	-0,53	-0,69	-0,61	-0,25	-0,03	-0,20	-0,25	-0,06	-0,06	-3,1
Δ, % (-)	7,5	9,5	10,4	27,3	29,9	33,3	22,5	3,4	21,1	22,5	5,3	4,3	18,2

При оценке притока речных вод в Каспийское море притоку поверхностных вод малых рек Азербайджана не уделялось достаточного внимания вследствие их незначительной водности. По данным Г.Ю. Фатуллаева, водные ресурсы рек северо-восточного склона Большого Кавказа и Ленкоранской природной области составляют соответственно 0,9 и 1,0 км<sup>3</sup>/год [Фатуллаев, 2002]. Согласно нашим исследованиям, обобщающим материалы наблюдений по 2010 год, значения суммарных среднесезонных годовых расходов воды в замыкающих створах рек указанных регионов составляют соответственно 0,87 и 1,42 км<sup>3</sup>/год [Иманов и др., 2012]. Приток в море рек северо-восточного склона Большого Кавказа оценивается в 40% от нормы годового стока [Азимов и Махмудов, 1988], а в Ленкоранской природной области в 65% [Фатуллаев, 2002].

Как показали расчеты, суммарный приток речных вод в Каспийское море с территории Азербайджана с учетом стока по действующей коллекторно-дренажной сети за период 1991-2010 год в среднем составил 18,7 км<sup>3</sup>/год. Соответственно общее уменьшение стока в море составляет 12,2 км<sup>3</sup>/год.

Главной причиной уменьшения стока изучаемых рек является увеличение водозаборов для орошения земель. В 1975 году в странах Южного Кавказа общий объем водозаборов составил 12,8 км<sup>3</sup>, в 1978 году — 13,4 км<sup>3</sup>, в 1980

году — 14,1 км<sup>3</sup>. В 2011 году суммарные водозаборы выросли до 17,3 км<sup>3</sup> (в Азербайджане 11,8 км<sup>3</sup>, Грузии 3,1 км<sup>3</sup> и Армении 2,4 км<sup>3</sup>). По данным за 2006 год, в Иранской части бассейна р. Аракс (Араз) водозаборы составили 3,3 км<sup>3</sup> и из них 2,3 км<sup>3</sup> приходится на долю поверхностных, а 1,0 км<sup>3</sup> — подземных вод [UNDP/GEE, 2006]. В данной работе отмечается, что сброс коллекторно-дренажных вод обратно в р. Аракс (Араз) оценивается в 1,1 км<sup>3</sup>. Исходя из приведенных величин, в настоящее время (на 2013 год) суммарные водозаборы в бассейне Куры составляют порядка 20 км<sup>3</sup>. Тенденция роста водозаборов в ближайшем будущем усилится, поскольку Иран построил на р. Аракс Худаферинское водохранилище с объемом 1,6 км<sup>3</sup> и продолжает строительство нового водохранилища Кыз-Каласы (62 млн м<sup>3</sup>). Только в Республике Азербайджан построено около 140 водохранилищ, общий объем которых составляет 21,5 км<sup>3</sup>, полезный объем — 12,4 км<sup>3</sup> и общая площадь зеркала — 877,1 км<sup>2</sup>. Сведения об основных водохранилищах представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Основные характеристики крупных водохранилищ Азербайджана

№	Название	Год сдачи в эксплуатацию	Название реки	Общий объем, км <sup>3</sup>	Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>
1	Мингечаурское	1953	Кура	15,7	605
2	Шамкирское	1983	Кура	2,68	115
3	Еникендское	2000	Кура	0,16	22,6
4	Варваринское	1952	Кура	0,06	21,4
5	Араксинское	1971	Аракс	1,35	145
6	Сарсангское	1976	Тергер	0,56	13,8

Современные изменения климата в регионе также способствуют уменьшению речного стока. За последние десятилетия среднегодовое количество атмосферных осадков уменьшилось в Азербайджане на 9,9 %, в Армении на 6,0 % и лишь в Восточной Грузии они увеличилось на 6,0 %. Среднегодовая температура воздуха повсеместно выросла на 0,5°

## Глава 7. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК

### 7.1. Существующие методы оценки

Развитие хозяйственной деятельности в речных бассейнах приводит к нарушению количественных и качественных показателей естественного стока рек. В пределах речных экосистем наблюдается ухудшение условий обитания живых организмов, что ведет к снижению хозяйственного значения рек [Владимиров, 1973, 1976, Владимирова, Иманов, 1994]. Неблагоприятная экологическая ситуация наблюдается в бассейнах рек, особенно аридной зоны, где интенсивно развито орошаемое земледелие. В результате изъятия речных вод в пределах орошаемых массивов полностью теряется сток не только малых, но и средних рек. Довольно часто высыхают русла рек ниже водохранилищ. Например, на правом притоке реки Куры на р. Храми ниже Храмского водохранилища на расстоянии около 10 км сток отсутствует полностью. Подобная картина характерна и для рек ниже водохранилищ, таких как р. Тертер, р. Хачинчай и других. На реке Иори (Габырры) ниже Сионского водохранилища прекратился разлив паводковых вод по пойме [Макарацян, 1982]. Резкое снижение водности рек из-за антропогенных воздействий может привести к исчезновению проточности водотоков, в результате чего ухудшается санитарно-биологическое состояние реки, которое имеет важное значение для сохранения ее рыбохозяйственного значения. В плесовых участках может наблюдаться замена исторически сложившихся биоценозов на другие, однообразные и стойкие к загрязнению [Руководство по оценке, 1985].

Важнейшим условием устойчивого функционирования речной экосистемы ниже створа водопотребления

или плотины является сохранение в русле экологического стока. Однако до сих пор унифицированные методы его оценки не разработаны. Более того, отсутствует общепринятое понятие экологического стока. Для успешной разработки методов определения основных гидрологических параметров и характеристик, позволяющих в конечном итоге оценить расходы воды, соответствующие условиям сохранения экологического равновесия в бассейнах рек, целесообразно, прежде всего, определиться с понятием «экологический сток».

В экологии основное внимание обращается на изучение выживания и размножения организмов в биотопе. Связи организмов со средой характеризуются длительностью, неразрывностью и взаимовлиянием. Для гидробионтов эти связи являются наиболее тесными по сравнению с другими группами организмов (гелофиты, гигрофилы, ксерофиты), и они также наиболее продолжительны, т.к. делятся всю их жизнь. Из всех групп организмов гидробионты в первую очередь испытывают влияние водной среды и при этом сами могут оказывать влияние на нее. Для других типов организмов характер связей с водной средой может быть временным или прерывным, односторонним или вообще специфическим. Поэтому влияние гидрологических характеристик на живые организмы и характер их связей с водной средой изменяется с изменением самих гидрологических характеристик. При этом естественные условия водной среды меняются во времени и пространстве, а воздействие антропогенной деятельности создает дополнительные факторы, которые уже своим наличием изменяют существующие условия среды. Поэтому естественные экологические процессы будут изменяться тем больше, чем интенсивнее антропогенное воздействие на водные объекты. Количество и качество воды определяют жизненные процессы непосредственно в водных объектах и на их водосборах, т.е. качественно-количественные гидрологические показатели являются составной частью среды обитания живых существ. Поэтому под экологическим стоком целесообразно понимать то количество воды, которое должно

находиться в водном объекте для обеспечения условий существования гидробионтов при антропогенном воздействии на него с одновременным сохранением ее необходимого качества. Сохранение экологического стока в водотоках может смягчить или же минимизировать отрицательные последствия водохозяйственных мероприятий, осуществляемых на водосборах рек.

В бывшем СССР первые работы по исследованию данного вопроса появились уже в конце 60-х — начале 70-х годов XX века. В этих работах еще отсутствовало понятие экологического стока, но уже рассматривались вопросы определения того количества воды, которое необходимо оставлять в реках при их хозяйственном использовании. Вопрос о минимально допустимых расходах воды, оставляемых в реках при их использовании, с учетом качества воды рассматривался достаточно широко [Вельнер, Каск, 1972, Вельнер и др., 1975, Гатило, Филиппович 1971, Каск, 1969]. Например, на водотоках Украины в зависимости от абсолютной водности реки величина минимальных расходов воды, необходимых для поддержания биологического и экологического состояния, принималась 30-45% от значения наименьшего среднего месячного расхода за многолетний период наблюдений [Положение..., 1975]. С увеличением абсолютной водности реки доля экологического стока возрастает. Считалось, что в малых реках Латвии, в условиях района избыточного увлажнения, достаточно оставлять 5-10% от минимального 30-дневного расхода воды 95%-ной обеспеченности [Зиверт, 1975]. Согласно рекомендациям в Белоруссии и Литве величина минимально допустимого расхода воды принималась равной 78-80% от минимального месячного расхода воды 95%-ной обеспеченности [Гатило, Филиппович, 1971]. В качестве допускаемого минимального расхода воды принимали абсолютные суточные расходы воды для каждого календарного месяца. В условиях хорошей естественной зарегулированности стока рек, величина допускаемого расхода воды рассматривалась как произведение абсолютного минимального суточного расхода воды на коэффициент естественной зарегулированности стока рек

[Вельнер и др., 1975]. Весной, в течение 1-2 декад половодья, попуски из водохранилищ должны быть не меньше максимального расхода воды 50%-ной обеспеченности. В меженный период в качестве расчетного экологического принимался гидрограф маловодных лет 95-97% обеспеченностей [Кефели, 1972, 1975]. Считалось, что забирать воду из рек в маловодные сезоны нельзя, так как в эти периоды сток формирует реку как элемент ландшафта. В период же весеннего половодья водозаборы допустимы, но не более  $3/4$ - $2/3$  от его объема [Калинин, 1970]. В некоторых работах были сделаны попытки установить величину минимального допустимого расхода воды с учетом особенностей использования рек для рыбного хозяйства и их санитарно-биологических условий существования [Гатило, Филиппович, 1971, 1977, Дерябин и др., 1981]. Для рек, имеющих уникальное рыбохозяйственное значение, расчетная величина экологического расхода принималась постоянной для всех календарных месяцев и равнялась минимальному среднему месячному расходу воды 95%-ной обеспеченности [Гатило, Филиппович, 1977]. Для сохранения рыбохозяйственного значения рек необходимо, прежде всего, обеспечить проточность, что достигается при скоростях течения 0,20-0,25 м/с [Дерябин и др., 1981]. При этом минимальное наполнение русла изменяется в пределах 0,1-1,0 м для форели и 1,0-3,0 м для усача. При наличии данных по глубине, уклону, средней скорости течения и живому сечению русла реки рассчитывался водохозяйственный расход воды [Руководство по оценке..., 1985]. Некоторые авторы, в частности, О. С. Шахов рекомендует устанавливать экологические пропуски по удельной энергии потока или по неразмывающим скоростям [Шахов, 1980]. Оба метода дают практически близкие результаты. В меженный период в качестве остаточного стока рекомендуется принимать величину минимального среднего месячного расхода воды 95%-ной обеспеченности, поскольку последний практически совпадает с расходом воды, обеспечивающим незаиляющие скорости потоков. В ряде работ большое внимание уделяется увязке величин остаточного экологического стока с такими гидроло-

го-экологическими показателями, как глубина и продолжительность затопления поймы, температурный, газовый, уровенный и скоростной режимы реки [Фащевский, 1982, 1988, 1989, 1996]. Нижним пределом экологического стока принимается гидрограф для естественного стока 99%-ной обеспеченности, а верхним пределом (средние и крупные реки) — 50%-ной обеспеченности. Для малых рек верхним пределом являются гидрографы 25-15%-ной обеспеченностей. Для неизученных рек величина остаточного экологического стока может быть оценена по его зависимости от месячного и годового стока, площади и средней высоты водосбора [Фащевский, 1988].

Для охраны водных ресурсов малых рек, на которых построены водохранилища, предназначенные для орошения, санитарные попуски весной принимаются в размере не менее 20% стока весеннего половодья. Из рек, имеющих среднемесячные расходы воды менее  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  в году, при обеспеченности годового стока в 95%, забор воды в меженный период не допускается. Санитарные попуски при этом соответствуют естественным расходам воды [Арсеньев, Иваненко, 1993].

Анализ работ, посвященных вопросу нормирования остаточного экологического стока, выполненных в СССР, позволяет сделать несколько выводов. Величины стока, которые необходимо оставлять в реке при ее хозяйственном использовании, различными авторами называются по-разному. В данном вопросе единая терминология не выработана. Приведем некоторые примеры. Термин «минимально необходимый расход» используют Дерябин В. Н. и Ширяк И. М., термин «минимально допустимый расход» — Гатило П. Д., Филиппович И. М., Каск А. Г. и Васильев А. А., термин «минимально ненарушенный расход» — Вельнер Х. А., Каск А. Г., термин «минимально приемлемый расход» — Аркушевский А. Г. и др., «минимально допустимый остаточный речной сток» — Петров Г. Н., «экологический расход» — Казарьян Б. Г., «резервируемый природоохранный сток» — Фащевский Б. В. [Дерябин и др., 1981, Руководство, 1974, Гатилло, Филиппович, 1977, Каск, Васильев, 1979, Вельнер, Каск, 1972, Вельнер

и др., 1975, Аркушевский и др., 1969, Петров, 1974, Казарьян, 1975, Фащевский, 1982].

До настоящего времени отсутствуют выработанные единые принципы оценки остаточного стока рек, учитывающие экологические требования и согласующиеся с естественным режимом рек. Например, С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель указывали, что экологические расходы воды назначаются из условий судоходства, разбавления сточных вод и поддержания определенных уровней воды [Крицкий, Менкель, 1964]. Г. Н. Петров (1974) отмечает, что гидрологические условия могут изменяться только в пределах биологически допустимых, и поэтому, использование речных вод нельзя подчинять принципу экономической эффективности. Г. П. Калинин (1970) рассматривает остаточный сток с позиции сохранения рек как элементов ландшафта. Б. В. Фащевский (1988) в качестве основного критерия принимает обеспечения экологического благополучия в речных экосистемах, включая живую и неживую природу. Практически такую же позицию имеют и ряд других авторов [Аркушевский и др., 1969, Дерябин и др., 1981]. И. С. Шахов (1980) считает, что величина остаточного стока должна обеспечить сохранение гидробиологических, санитарно-гигиенических, социально-экономических, эстетических и рекреационных условий.

Существующие в настоящее время рекомендации по оценке природоохранного расхода воды с экологической точки зрения в большинстве случаев недостаточно обоснованы. В России используются следующие методы определения величины экологического стока [Никитина, 2015]:

- метод определения критического состояния водных экосистем и нормирования допустимого изъятия речного стока (по В. Г. Дубининой);
- метод пропорциональных расходов (по В. В. Шабанову);
- метод повышения обеспеченности (по Б. В. Фащевскому).

При оценке экологического стока рек в мире используется более 200 методов, которые разбиты на четыре груп-

пы: гидрологические, гидравлические, моделирование среды обитания и комплексные [Tharme, 2003]. Для практических расчетов чаще всего применяются гидрологические методы, так как они более просты в использовании и обеспечены необходимой базой данных. Для других методов требуется довольно большая исходная информация о реке и ее бассейна, что ограничивает их применение.

Следует отметить, что страны члены ЕС, в настоящее время для сохранения экологической безопасности, обязаны следовать Водной Рамочной Директиве, которая требует обеспечения необходимой величины стока в реках для поддержания их «хорошего состояния» [Никитина, 2015].

Проблема определения объема возможного изъятия речного стока и установления величины экологического стока далека от завершения [Вода России, 2001, Данилов-Данильян и др., 2006, Дубинина и др., 1996, Коренева, Христофоров, 1993; Кумсиашвили, 2005, Фашевский 1996 и др., Фролова, 2012].

## **7.2. Метод определения экологического стока местных рек Азербайджана**

Реки Азербайджана берут начало высоко в горах, и при выходе на равнинную часть бассейна их воды разбираются для различных целей и прежде всего для орошения засушливых земель. В результате этого особенно в летний период в нижнем течении рек сток отсутствует. К сожалению, в настоящее время в Азербайджане отсутствует нормативный документ по установлению экологического стока рек. Приведенный в предыдущем разделе обзор существующих методов определения экологического стока рек показывает, что применение этих методов зависит от наличия разнообразной информации о количественных и качественных (гидрохимических, гидробиологических и др.) характеристиках речных экосистем, составной частью которых является речная вода. Наиболее объективными методами считается моделирование среды обитания и комплексные методы, требующие помимо гидро-

логической и гидрохимической информации, результаты гидробиологического мониторинга. Однако в Азербайджане подобный мониторинг проводится лишь с 2012 года и то лишь на некоторых реках, в рамках региональных проектов. Поэтому на данном этапе целесообразно использование более простых гидрологических методов, что позволит сохранить реки как элемент ландшафта.

Основными исходными при разработке принципов оценки экологического стока местных рек Азербайджана предлагается принять следующие положения [Владимиров, Иманов, 1994]:

- величина оставляемого экологического стока должна обеспечить сохранение реки как места обитания гидробионтов и элемента ландшафта;
- в качестве величины экологического стока должно приниматься такое значение расхода воды, при котором речная экосистема уже функционировала в естественных условиях;
- величина экологического стока не может быть постоянной для всего года и определяется отдельно для каждого календарного месяца.

Оценка величины экологического стока связана с учетом многих требований сохранения определенных санитарных, рекреационных и рыбоохранных норм, обеспечения биологического равновесия и условий самоочищения рек. Для объективного определения экологического стока необходимо проведение комплексных гидрологических и гидродинамических, гидробиологических и гидрохимических исследований. Методы оценки целесообразно разрабатывать с учетом класса реки, ее гидрологического режима, географической зоны, в которой она находится, вида и степени ее хозяйственного использования. Следовательно, оценка экологического стока является весьма сложной задачей. Однако она может быть в известной степени упрощена, если считать, что достаточные условия существования гидробионтов сохраняются в естественных водотоках при значительных естественных снижениях объемов стока.

На основе вышеизложенных принципов А.М. Влади-

миров и Ф.А. Иманов разработали метод оценки экологического стока рек, подверженных влиянию хозяйственной деятельности [Владимиров, Иманов, 1994].

Согласно этому методу:

1. в расчетах используются данные о среднемесячных расходах воды;
2. устанавливается момент начала антропогенных изменений естественного режима реки и весь ряд наблюдений и делится на два периода-с естественным и нарушенным режимом;
3. по рядам наблюдений условно-естественного стока за каждый календарный месяц определяются наименьшие значения ( $Q_{\text{мин}}$ ), которые принимается в первом приближении за величину экологического стока соответствующего месяца;
4. полученные значения экологического стока сопоставляются с величинами среднемесячных расходов, наблюдаемыми в период с нарушенным режимом ( $Q_{\text{срмес}}$ ).
5. Для расчетного календарного месяца величина возможного водозабора ( $\Delta Q_{\text{вз}}$ ) из реки определяется по разности значений условно-естественного ( $Q_{\text{ест}}$ ) и экологического стока: ( $\Delta Q_{\text{вз}} = Q_{\text{ест}} - Q_{\text{мин}}$ ).

При принятии  $Q_{\text{мин}}$  не учитывается число лет наблюдений в период отсутствия антропогенного воздействия. В результате естественных многолетних колебаний месячного стока, в будущем, в очень засушливые годы могут наблюдаться среднемесячные расходы воды, значения которых меньше принятого  $Q_{\text{мин}}$  на величину  $\Delta Q_1$ . Следует отметить, что в каждом календарном месяце, в течение нескольких дней средние суточные расходы воды ( $Q_i$ ) будут ниже среднемесячного расхода воды,  $Q_i < Q_{\text{мин}}$ . Чтобы улучшить ситуацию в реках в такие периоды (периоды стресса), величина  $Q_{\text{эк}}$  должна быть завышена на величину дефицита стока ( $\Delta Q_2$ ). В общем виде уравнение для оценки экологического стока рек может быть выражено зависимостью:

$$Q_{\text{эк}} = Q_{\text{мин}} - \Delta Q_1 + \Delta Q_2, \quad (7.1)$$

где  $\Delta Q_1$  величина возможного естественного снижения

условно–естественного минимального месячного расхода воды, связанного с многолетними колебаниями стока;  $\Delta Q_2$  величина стока за периоды, когда среднесуточные расходы воды меньше среднемесячного.

Величина  $\Delta Q_1$  может быть установлена путем применения переходного коэффициента от наблюдаемой наименьшей величины месячного стока к его наименьшему значению на предполагаемый срок эксплуатации сооружения, предложенного в работе [Крюков, 1972]. В случае оценки экологического стока на «предполагаемый срок эксплуатации сооружения» это продолжительность расчетного периода, для которого планируются водоохранные мероприятия с учетом экологического стока. Переходный коэффициент может быть представлен в виде:

$$K_1 = Q_{n+N} / Q_n = f(n, N, \beta) \quad (7.2)$$

где  $n$  число лет наблюдений;  $N$  расчетный период;  $\beta$  уровень доверительной вероятности;  $Q_n$  наименьший наблюдаемый расход воды за период  $n$  лет;  $Q_{n+N}$  наименьший расход воды за период  $(n+N)$  лет;  $K_1$  переходной коэффициент.

Наименьшие расходы воды  $Q_n$  и  $Q_{n+N}$  выбираются по скользящим  $n$ -летиям и  $(n+N)$ -летиям, с учетом расчетного периода, включая уже выбранные  $n$ -летия. Затем определяются значения  $K_1$ . Амплитуда изменения  $K_1$  разбивается на интервалы и подсчитывается число случаев повторения  $K_1$  в каждом интервале. Для каждого интервала изменения  $K_1$  определяется относительная частота, суммируя которую до заданного уровня доверительной вероятности, определяются коэффициенты перехода к наименьшему расходу воды, отвечающему этой доверительной вероятности. За величину  $K_1$  принимается нижняя граница интервала. При других сочетаниях  $n$  и  $N$ , переходные коэффициенты устанавливаются аналогичным образом.

Полученные значения  $K_1$  могут быть использованы для оценки величин возможного снижения ( $\Delta Q_1$ ) наблюдаемого минимального среднемесячного расхода воды ( $Q_{\text{мин}}$ ) рек исследуемых районов, связанных с естественными многолетними колебаниями стока. Для расчета величины

$\Delta Q_1$  может быть применено следующее выражение:

$$\Delta Q_1 = (1 - K_1) \cdot Q_{\min} \quad (7.3)$$

Величина дефицита стока ( $\Delta Q_2$ ) за периоды стресса определяется по формуле:

$$\Delta Q_2 = Q_{\text{сп}} - Q_{\min} = (1 - K_1) \cdot Q_{\min}, \quad (7.4)$$

где  $Q_{\text{сп}}$  – средний расход воды за период стресса;  $K_2 = Q_{\text{сп}} / Q_{\min}$  – модульный коэффициент стока за период стресса.

От продолжительности периодов стресса ( $t_{\text{сп}}$ ) можно судить по гидрографам, построенным для всех календарных месяцев с наименьшим стоком в период с естественным режимом.

Установлено, что для местных рек Азербайджана значения коэффициентов  $K_2$  изменяются от 0.52 до 0.98. В большинстве же случаев значения  $K_2$  составляют 0,75–0,95. В периоды стресса водность рек чаще всего может уменьшаться до 5–25% от среднемесячной величины. Используя значения  $K_2$ , можно оценить величину дефицита стока ( $\Delta Q_2$ ) за периоды стресса различной продолжительности. Подставив в формулу (7.1) выражения для  $\Delta Q_1$  (7.3) и  $\Delta Q_2$  (7.4), получим окончательную формулу для оценки экологического стока рек:

$$Q_{\text{эк}} = Q_{\min} - (1 - K_1) Q_{\min} + (1 - K_2) Q_{\min} = (1 + K_1 - K_2) Q_{\min} \quad (7.5)$$

Следует отметить, что значения коэффициентов  $K_2$  в формуле (7.5) рассчитаны только для месяца с минимальным летне-осенним стоком. Эмпирическая вероятность превышения величин экологического стока для исследуемых рек изменяется от 93.3 до 97.5%. По результатам расчетов по этому методу была построена карта экологического стока рек Азербайджана [Иманов, 2014].

### 7.3. Расчет экологического стока реки Самур

В Азербайджане насчитывается около 30 трансграничных рек, к числу которых относится пограничная с Российской Федерацией р. Самур. Водные ресурсы р. Самур для года 75%-ной обеспеченности распределены между Азербайджаном и Россией согласно протоколу от 7 октября 1967. В соответствии с этим документом экологиче-

ски допустимый расход воды установлен в размере 32 % (559,9 млн м<sup>3</sup>) годового объема речного стока (1749 млн м<sup>3</sup>) [Ахмедзаде, 2003]. Это количество воды было предназначено для поддержания рыбохозяйственного значения реки и сохранения ее как элемента природного ландшафта. В 2011 году было подписано новое межгосударственное соглашение, согласно которому в годы обеспеченностью 75-95% годовой объем экологического пропуска составляет 662,2 млн м<sup>3</sup>.

Экологический сток р. Самур рассчитан с помощью трех методов, наиболее распространенных в мире: методом Теннанта, методом 10Q10 и так называемым методом Q<sub>95%</sub>. Метод Теннанта широко применяется в США и в более чем 25 странах Европы. Метод 7Q10 используется Службой по рыболовству и охране дикой природы в США, вариант этого метода 7Q20 в Канаде и вариант 7Q1 — в Великобритании. Все они относятся к группе гидрологических методов [Tharme. 2003, A.Deniz Ozdemirandetal, 2007]. При расчетах использованы месячные расходы воды в створе Усухчай за период наблюдений 1950-2006 гг.

При оценке экологического расхода реки по методу Теннанта водохозяйственный год делится на два периода, которые охватывают соответственно октябрь-март и апрель-сентябрь месяцы. Для каждого календарного месяца определяется средний многолетний расход воды, для каждого периода вычисляется среднемноголетний расход. Кроме того, определяются доли в 10 %, 20%, 30% и 40 % от среднемноголетнего расхода в соответствующем периоде. Как показали расчеты, в апреле - сентябре среднемноголетний расход воды в реке составляет 100 м<sup>3</sup>/с, в октябре - марте 29,8 м<sup>3</sup>/с. Для оценки экологического состояния реки как «хорошее» по Теннанту необходимо, чтобы средний объем стока периода октябрь-март составлял 94 млн м<sup>3</sup>, а в апреле-сентябре 631 млн м<sup>3</sup> (табл. 7.1). Годовой объем стока при этом составит 725 млн м<sup>3</sup>. «Удовлетворительная» оценка в первом периоде соответствует объему стока в 47 млн м<sup>3</sup>, а во втором 473 млн м<sup>3</sup> (годовой объем стока в 520 млн м<sup>3</sup>) [Иманов, Сумбатова,

2009, Иманов, Асадов, 2011].

При расчетах по методу 10Q10 строится теоретическая кривая обеспеченности 10-суточных минимальных расходов воды и по ней определяется расход воды повторяемостью один раз в 10 лет (то есть с обеспеченностью  $P = 90\%$ ). По аналитической кривой определено значение расхода воды 90%-ной обеспеченности (10Q10), равное  $13,3 \text{ м}^3/\text{с}$ . Объем экологического попуска, соответствующего этому расходу, составляет  $420 \text{ млн м}^3$ .

Таблица 7.1. Оценка экологического стока р. Самур по методу Теннанта

Экологическое состояние реки	Доля среднегодового расхода воды реки		
	%	$\text{м}^3/\text{с}$	$\text{млн м}^3$
октябрь–март			
Отличное	30	8,94	141
Хорошее	20	5,96	94,0
Удовлетворительное	10	2,98	47,0
Плохое	10	2,98	47,0
Деградированное	<10	<2,98	<47,0
апрель–сентябрь			
Отличное	50	50	788
Хорошее	40	40	631
Удовлетворительное	30	30	473
Плохое	10	10	158
Деградированное	<10	<10	<158

При расчетах по методу  $Q_{95\%}$  строится кривая продолжительности стояния суточных расходов воды, и по ней устанавливается значение расхода воды 95%-ной обеспеченности. Полученное значение принимают за экологически допустимый расход воды. В данном случае он составил  $Q_{95\%} = 18 \text{ м}^3/\text{с}$ . Следовательно, годовой объем экологического стока р. Самур по этому методу составляет  $568 \text{ млн м}^3$ .

В результате выполненных расчетов получены следующие значения экологического стока р. Самур: **по методу Теннанта  $520 \text{ млн м}^3$ , по методу 10Q10  $420 \text{ млн м}^3$  и по методу  $Q_{95\%}$  —  $568 \text{ млн м}^3$** . Экологически допустимый сток в течение года не остается величиной постоянной и назначается с учетом распределения условно-естествен-

ного речного стока в течение года. По расчетным значениям предложенных методов выполнена оценка внутригодового распределения стока р. Самур (табл. 7.2). Дополнительно в таблице 7.2. приведены значения экологического попуска по р. Самур в годы обеспеченностью 75–95%, рассчитанные Западно-Каспийским бассейном водного управления (ЗКБВУ) Министерства природных ресурсов РФ.

Таблица 7.2. Внутригодовое распределение экологического стока р. Самур в створе Усухчай для года 75%-ной обеспеченности (млн м<sup>3</sup>)

Метод	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Теннант	7,83	7,83	7,83	78,8	78,8	78,8	78,8	78,8	78,8	7,83	7,83	7,83	520
10Q10	11,9	10,7	15,8	30,6	58,8	110	77,8	49,1	18,9	12,4	11,8	12,2	420
Q <sub>95%</sub>	16,1	14,5	21,4	41,4	79,5	148	105	66,4	25,6	16,8	16,1	16,5	568
ЗКБВУ	18,8	16,9	24,9	48,2	93,0	172,9	122,7	77,4	29,8	19,6	18,7	19,3	666,2

Как следует из представленных в таблице 7.2 расчетных величин, экологически допустимый сток р. Самур, рассчитанный по методу Теннанта и по методу 10Q10, оказался меньше значения, согласованного между государствами в 1967 году, а по методу Q<sub>95%</sub> эти величины практически совпадают.

## Заключение

Гидрологический режим Каспийского моря определяется главным образом притоком впадающих в него рек. Сток рек в море с территории Республики Азербайджан имеет три составляющие: сток трансграничной реки Куры, сток местных рек, впадающих непосредственно в море с северо-восточного склона Большого Кавказа и Ленкоранской природной области, и сток по действующей коллекторно-дренажной сети. Исследования показали, что за период 1991-2010 год годового сток р. Куры в замыкающем створе — с. Сальяны уменьшился на 50% ( $13,4 \text{ км}^3$ ) по сравнению с его среднемноголетней величиной. За этот же период годового сток в замыкающем створе р. Аракс, с. Саатлы, главного притока Куры, снизился на 54% ( $4,95 \text{ км}^3$ ) от среднемноголетних значений. В настоящее время местные водные ресурсы Азербайджана составляют  $8,667 \text{ км}^3$ , что по сравнению с периодом по 1972 год меньше на  $1,642 \text{ км}^3$  (15,9%). По данным ОАО Мелиорации и водного хозяйства Азербайджана в последние годы сброс коллекторно-дренажных вод непосредственно в Каспийское море оценивается в  $4 \text{ км}^3/\text{год}$ . Суммарный приток речных вод в Каспийское море с территории Азербайджана за период 1991-2010 гг. с учетом стока по действующей коллекторно-дренажной сети в среднем составил  $18,7 \text{ км}^3/\text{год}$ . Соответственно общее уменьшение стока в море составляет  $12,2 \text{ км}^3/\text{год}$ .

В результате строительства крупных водохранилищ условно-естественный сток рек Кура и Аракс полностью зарегулирован. Сток пограничной реки Самур снижается во все месяцы года. Такая же картина характерна для трансграничной реки Алазани, за исключением зимних месяцев. Основной причиной уменьшения стока изучаемых рек являются водозаборы, которые в настоящее время составляют около  $20 \text{ км}^3$ . Наибольшая часть забираемой воды (71%) используется в сельском хозяйстве для орошения земель, 17% используется в промышленности,

коммунально-бытовое водоснабжение использует порядка 12% годового стока. Потери воды в ирригационных каналах и системах водоснабжения довольно высокие. Как показали расчеты, в последние годы в Азербайджане потери стока составляют порядка 34,2%. Современные изменения климата в регионе также способствуют уменьшению водных ресурсов рассматриваемой территории и, как следствие, притока речных вод в Каспийское море.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абасов М.А. Геоморфология Нахичеванской АССР. Баку: Изд. Элм, 1970. 210 с.

2. Авакян А.Б. Водохранилища — новые географические объекты XX века // Труды Академии водохозяйственных наук. 1998. Вып. 5. С. 6–15.

3. Агаев Ш.М. Снежный покров Азербайджана и его роль в питании рек. Дис. на соискание уч. степ. канд. геогр. наук. Баку, 1967. 217 с. (на азерб. языке).

4. Агаларов М.С., Кисин И.М. Грунтовый сток на территории Кировабад-Казахского массива Азербайджанской ССР // Известия АН Азерб. ССР. 1963. Серия геолого-геогр. наук и нефти. С. 105–115.

5. Азимов С.А., Махмудов Р.Н. Запасы речных вод на устьевых участках рек северо-восточного склона Большого Кавказа // Вопросы гидрометеорологии Каспийского моря и устьев рек. Баку: Изд. АзУГКС, 1988. Вып. 1, часть 1. С. 133–136.

6. Алекперов А.Б., Алиев Ф.Ш., Исрафилов Ю.Г. Гидрогеология. Т. VIII. Баку: Нафта-Пресс, 2008. 380 с.

7. Александрян Г.А. Атмосферные осадки в Армянской ССР. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1971. 180 с.

8. Алексеевский Н.И. Генезис и методология изучения опасных гидрологических процессов // Труды VI Всероссийский гидрологический съезд; Секция 2. Наводнения и другие опасные гидрологические явления: оценка, прогноз и смягчение негативных последствий. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С.5–9.

9. Алексеевский Н.И., Евстигнеев В.М., Храменков С.В., Христофоров А.В. Общие подходы к оценке и достижению гидроэкологической безопасности речных бассейнов // Вестник МГУ. 2000. Сер. 5. География. № 1. С. 22–28.

10. Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л. Гидроэкологическая безопасность территории: причины изменения и способы повышения надежности // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже тысячелетия. Материалы межд. науч. конференции. Томск, 2000. С. 4–7.

11.Ализаде Э.К. Морфоструктурное строение горных сооружений Азербайджана и сопредельных территорий. Баку: Изд. Элм, 1998. 246 с.

12.Ализаде Э.К. Морфотектоническая интерпретация материалов индикационно-геоморфологического дешифрирования КС юго-восточной части Малого Кавказа // Проблемы ландшафта и геоморфологии Азербайджана. Баку, 1999. с. 23–34.

13.Ализаде Э.К. Устойчивое развитие горных геосистем в условиях усиления морфодинамической напряженности (на примере Азербайджана) // Вестник Владикавказского науч. центра. РАН, 2007. Т. VII. № 3. С. 19–24.

14. Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экзоморфодинамика рельефа гор и ее оценка (на примере северо-восточного склона Большого Кавказа). Баку: Изд-во Виктория, 2010. 236 с.

15.Аркушевский А., Столярский А., Боултон А. Методы определения минимального приемлемого расхода воды // Материалы ЕЭК ООН. 4-я сессия. Женева, 1969. С. 37–42.

16.Арсеньев Г.С., Иваненко А.Г. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 272 с.

17.Ахмедзаде А. Дж. Гейдар Алиев и водное хозяйство Азербайджана. Баку: Азернешр, 2003. 216 с.

18.Ахмедзаде А. Дж., Гашимов А. Дж. Кадастр мелиоративных и водохозяйственных систем. Баку: Азернешр, 2006. 272 с.

19.Барабанова Е.А. Глобально-региональные особенности регулирования стока рек под влиянием водохранилищ (по косвенным методам) // Вопросы географии. Сб. 133: Географо-гидрологические исследования. М.: Издательский дом «Кодекс», 2012. С. 297–311.

20.Борисов В.А., Каюмова Н.М. Дифференцированное выделение на гидрографах горных рек подземного стока // Ресурсы подземных вод на территории аридной зоны СССР. Ташкент, 1971. С. 34–41.

21.Быков В.Д., Кисин И.М., Клиге Р.К., Федоров В.М. Изучение русловой фильтрации на реках Куба-Хачмазского массива // Количественные методы в географии. М.: Изд. МГУ, 1964. С. 55–69.

22.Будагов Б.А., Микаилов А.А., Ализаде Э.К. Особенности морфоструктур восточной части Большого Кавказа по материалам дешифрирования космических снимков // Геоморфология. 1988. № 4. С. 35–43.

23.Будагов Б.А., Ширинов Н.Ш., Танрывердиев Х.К. Палеогеоморфология Азербайджана. Баку: Изд-во Элм, 2011. 268 с.

24.Важнов А.Н. Анализ и прогнозы стока рек Кавказа. М.: Гидрометеиздат, 1966. 274 с.

25.Важнов А.Н. Средний многолетний сток рек Армянской ССР и его внутригодовое распределение. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1956. 155с.

26.Валесян Л.А. Исследование стока горных рек Армянской ССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 180 с.

27.Вельнер Х.А., Каск А.Г. Предварительная методика установления допустимого минимального расхода воды рек с учетом качества воды // Материалы IV Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1972. С. 23–28.

28.Вельнер Х.А., Каск А.Г., Хосровянц И.Л. Методика определения минимальных допустимых расходов рек с учетом качества воды // Материалы V Всесоюзного научного симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1975. С. 43–47.

29.Вердиев Р.Г. Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата. Баку, 2002. 224 с.

30.Виноградова О.В., Виноградова Н.Н. Реакция горных рек Кавказа на изменения климата // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 4. С. 44–48.

31.Виссмен У. Харбаф Т.И. Кнэпп Д.У. Введение в гидрологию. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 470 с.

32.Владимиров А.М. Основные задачи гидрологических исследований при оценке качества воды // Метеорология и гидрология. 1973. № 10. С. 82–86.

33.Владимиров А.М. Гидрологические аспекты проблемы качества воды // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. Л.: Гидрометеиздат, 1976. Т. 6. С. 231–236.

34.Владимиров А.М., Иманов Ф.А. Принципы оценки экологического стока рек // Вопросы экологии и гидро-

логические расчеты. СПб.: Изд-во Рос. Гидромет. ин-та, 1994. Вып. 116. С. 4–7.

35.Владимиров Л.А., Шакарашвили Д.И., Габричадзе Т.И. Водный баланс Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1974. 183 с.

36.Вода России: Водохранилища. Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2001. 700 с.

37.Вода России. Малые реки. Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. 804 с.

38.Водные ресурсы Закавказья. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 264 с.

39.Водные ресурсы России и их использование. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.

40.Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начало XXI века: Уроки и выводы. М.: «ДЭК-Пресс», 2003. 352 с.

41.Габриелян Г.К. Географическое положение и орография // Физическая география Закавказья. Ереван, Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 12–20.

42.Габриелян Г.К. Геологическая история // Физическая география Закавказья. Ереван, Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 20–24.

43.Габриелян Г.К. Климатические факторы // Физическая география Закавказья. Ереван, Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 83–87.

44.Гасанова Н.И. Мусаева М.Р. Наводнения в нижнем течении реки Кура и их последствия // Наукові записки Сумського Державного Педагогічного Университету ім. А.С.Макаренка. Географічні науки, випуск 5. Суми: ВВП «Мрія». 2014. С. 18–24.

45.Гатилло П.Д., Филиппович И.М. Вопросы определения минимально необходимых расходов рек. // Проблемы использования водных ресурсов: Сборник научных работ. Минск, 1971. С. 42–26.

46.Гатилло П.Д., Филиппович И.М. Об использовании предложений о минимально допустимом расходе воды в реках для охраны природы // Комплексное использование водных ресурсов: Сборник научных работ ВНИИ-ГиМ. М., 1977. Вып. 5. С. 45–54.

47. Геология Азербайджана. Том VIII. Гидрогеология и инженерная геология. Баку: Издательство Nafta-Press, 2008. 308 с.

48. Георгиевский В.Ю. Изменение стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления. Автореферат дис. на соиск. уч. степени докт. геогр. наук. СПб., 2005. 39 с.

49. Георгиевский В.Ю., Цыценко К.В., Шалыгин А.Л. Оценка притока поверхностных вод в Каспийское море // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб., 2003. С. 217–229.

50. Гидрогеология СССР. Азербайджанская ССР. Т. XII. М.: Недра, 1969. 408 с.

51. Гидрогеология СССР. Армянская ССР. Т. II. М.: Недра, 1968. 351 с.

52. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. VI. вып. 1. Каспийское море. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 359 с.

53. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов. М.: Энергоиздат, 1982. 208 с.

54. Глинская Л.В. Оценка влияния орошаемого земледелия на сток рек Восточной Грузии // Труды ЗаКНИГМИ. 1979. Вып. 69 (74). С. 57–67.

55. Гулиева А.А. Исследование стока маловодных периодов рек Малого Кавказа. Автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Баку, 2010 (на азерб. языке).

56. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: Экологический, экономический, социальный и политический аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.

57. Девдариани Г.С., Гаджиев Ф.А., Габриелян Г.К. Использование водных ресурсов // Физическая география Закавказья. Ереван: Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 124–127.

58. Девдариани Г.С. Стратиграфия // Физическая география Закавказья. Ереван: Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 24–28.

59. Дерябин В.Н., Ширяк И.М. Повышение эффективности использования и охраны ресурсов малых рек //

Водное хозяйство Урала. Повышение эффективности использования водных ресурсов: Сборник научных работ СибНИИГиМ. Красноярск, 1981. С. 17–34.

60. Джакели Х.Г. Характеристика элементов климата // Физическая география Закавказья. Ереван: Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 87–96.

61. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (пропуска) // Федеральное государственное учреждение и Межведомственная гидрологическая Комиссия. М., 2009. 58 с.

62. Задорожная Р.Г. Формирование и расчет составляющих минимального стока притоков р. Аракс // Труды Укр. НИГМИ. 1972. Вып. 116.

63. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории Кавказа. Л.: Гидрометеиздат, 1946. 78 с.

64. Зиверт А.А. Опыт составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов малых рек Латвийской ССР // Методы составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов малых бассейнов: Сб. науч. работ. Елгава, 1975. С. 31–40.

65. Иманов Ф.А. Межень на горных реках Кавказа // Расчётные гидрологические характеристики. Л.: ЛГМИ, 1991. Вып. 110. С. 17–22.

66. Иманов Ф.А. Минимальный сток рек Кавказа. Баку. Изд-во Нафта–Пресс, 2000. 298 с.

67. Иманов Ф.А. Естественная и антропогенная трансформация годового стока реки Куры // Географические проблемы региона Каспийского моря и изучение путей достижения устойчивого развития территорий. Отв. ред. В.М.Котляков, О.Б.Глезер. М.: Медиа–Пресс, 2015. С. 26–35.

68. Иманов Ф.А. Карта экологического стока рек Азербайджана // Национальный Атлас Республики Азербайджан. Баку, 2014. 175 с.

69. Иманов, Ф.А., Алекперов А.Б., Гулиева А.А. Многолетние колебания и оценка стока маловодных периодов трансграничных рек Малого Кавказа // Ученые записки РГГМУ. Вып. 39. 2015. С. 25–33.

70. Иманов Ф.А., Алиева И.С., Гулиева А.А. Современные изменения стока трансграничных рек Малого Кавказа // Вестник Бакинского Университета. Серия естественных наук 2008. № 2. С. 174–179 (на азерб. языке).

71. Иманов Ф.А., Асадов М.Я. Оценка водных ресурсов и экологического состояния реки Самур (Восточный Кавказ) // География и природные ресурсы. 2011. № 3. С. 156–160.

72. Иманов Ф.А., Вердиев Р.Г., Агаев З.Б., Гумбатова Ш.Ю. Водные ресурсы рек Восточного Азербайджана. 2012. 184 с. (на азерб. языке).

73. Иманов Ф.А., Гасанова Н.И. Многолетние колебания максимального стока горных рек // Ученые записки Российского Государственного Гидрометеорологического Университета. Санкт-Петербург, 2009. № 3. С. 40–45.

74. Иманов Ф.А., Гулиева А.А. Изменение годового стока реки Алазани (Ганых) // V Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы водного хозяйства, охраны окружающей среды, архитектуры и строительства». Тбилиси, 2015. С. 96–101.

75. Иманов Ф.А., Гумбатова Ш.Ю. Оценка экологически допустимого расхода воды в реке Самур // Мелиорация и водное хозяйство. М., 2009. № 1. С.17–19.

76. Иманов Ф.А., Мамедов А.Ш. Возможные пути обеспечения водной безопасности Азербайджана // Труды Географического Общества Азербайджана. Т. XV. Баку, 2010. С. 200–205.

77. Иманов Ф.А., Мамедов Х.В., Раджабов Р.Ф. Современное состояние водопользования в странах бассейна Куры // Материалы Конференции, посвященной 70 летнему юбилею проф. М.А. Мамедова. Баку, 2008. С. 94–104.

78. Исходный ТДА для бассейна Кура-Араз. Иран. UNDP // GEF. 2006.

79. Исходный ТДА для бассейна Кура-Араз. UNDP // GEF. 2006.

80. Исходный ТДА для бассейна Кура-Араз. UNDP // GEF. 2013.

81. Казарьян Б.Г. К вопросу определения величин санитарных расходов // Материалы V Всесоюзного научного

симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1975. С. 92–96.

82. Калинин Г.П. О гидрологических основах управления режимом вод суши // Метеорология и гидрология. 1970. № 4. С. 112–120.

83. Каск А.Г. Методика определения лимитирующего минимального расхода при расчете качества воды водотоков (на примере Эстонской ССР). Автореферат дис. на соиск.уч. тепени канд. геогр. наук. Таллин, 1969. 28 с.

84. Каск А.Г., Васильев А.А. Опыт установления минимальных допустимых (санитарных) расходов воды для рек Эстонии // Материалы IV Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Таллин, 1979. С. 53–55.

85. Кашкай Р.М. Водный баланс Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1973. 110 с.

86. Кашкай Р.М. Внутригодовое распределение подземного стока рек Азербайджанской ССР // Известия АН Азерб. ССР. Серия науки о земле. 1975. № 3. С. 39–47.

87. Кефели Ф.Ф. О минимальных допусках из водохранилищ с учетом требований водопользователей и санитарии в нижнем бьефе // Материалы Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1972. С. 54–61.

88. Кефели Ф.Ф. Расчет пропусков из водохранилищ // Гидротехническое строительство. 1975. № 7. С. 28–31.

89. Коренева И.Б., Христофоров А.В. Об оценке минимального экологически достаточного стока воды в реках // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1993. № 1. С. 77–83.

90. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С., Малик Л.К. Экстремальные гидрологические ситуации: классификация, выбор критериев и показателей, анализ проявления // Доклады VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 2. Наводнения и другие опасные гидрологические явления: оценка, прогноз и смягчение негативных последствий. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 10–20.

91. Кочиашвили Б.М., Марианашвили Т.А. Об оценке влияния орошения на годовой сток р. Алазани // Труды ЗакНИГМИ. 1980. Вып.72(78). С. 43–48.

92. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Методические основы построения водохозяйственных балансов // Труды Гидропроекта. М.;Л., 1964. Вып. 12. С. 167–185.

93. Крюков В.Ф. Методика определения вероятных экстремальных величин стока на предполагаемый срок эксплуатации сооружений // Труды ГГИ. 1972. Вып. 200. С. 26–61.

94. Кузнецов Н.Т. Особенности формирования речного и подземного стока в горных сооружениях восточной части внутренней Азии // Водные ресурсы. 1976. № 2. С. 25–33.

95. Кумсиашвили Г.П. Гидроэкологический потенциал водных ресурсов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 270 с.

96. Кусковский В.С. О подземном стоке рек Горного Алтая // Материалы Междувед. семинара по методике гидрометрической оценки подземного стока в реки. Валдай, 15–19 июня 1965 г. 1966. С. 87–97.

97. Лахиджани Х.К., Красножон Х.К. Сток рек Иранского побережья в Каспийское море // Метеорология и гидрология. 1998. № 11. С. 100–102.

98. Листенгартен В.А., Красильников Л.А. Естественные ресурсы подземных вод равнинных и низменных районов Азербайджанской ССР // Водные ресурсы. 1977. № 2. С. 79–88.

99. Литовченко А.Ф. К вопросу о питании рек Заилийского Алатау // Труды КазНИГМИ. 1963. С. 120–188.

100. Львович И.М. Опыт классификации рек СССР // Труды ГГИ. 1938. Вып. 6. С. 23–26.

101. Львович М.И. Вода и жизнь. Водные ресурсы, их преобразование и охрана. М.: Мысль, 1986. 254 с.

102. Лурье П.М., Панов В.Д. Современное оледенение Большого Кавказа и его эволюция в XX столетии // Труды VI Всероссийский. гидрологический съезд: тезисы докладов. М.: Росгидромет, 2006. С. 267–271.

103. Лурье П.М. Гидрологическая роль гляциально-нивальная зоны Большого Кавказа // Труды VI Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докладов. М.: Росгидромет, 2006. С. 263–266.

104. Макарация А.П. Влияние водохранилищ на изменение гидрографии территории Грузии // Орошение в горных и предгорных условиях. Тбилиси, 1982. С. 39–47.

105. Мамедов М.А. Расчеты максимальных расходов воды горных рек. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 184 с.
106. Мамедов М.А., Иманов Ф.А., Мамедов А.С., Гусейнов Н.Ш. Метеорологические основы засухи и гидрологические процессы. Баку, 2000. 177 с.
107. Мамедов М.А., Фатуллаев Г.Ю. Сток р. Ганых и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности // Вестник БГУ. Серия естественных наук. 1997. № 1-2. С. 195–200.
108. Мовсесян С.А. Роль минерально-сырьевой базы в развитии производительных сил Армянской ССР. Ереван: Айастан, 1981. С. 163–189.
109. Мусаелян С.М. Водные ресурсы Армянской ССР. Ереван: Издательство Ереванского университета, 1989. 206 с.
110. Мусеилов М.А. История развития рельефа // Физическая география Закавказья. Ереван, Издательство Ереванского Университета, 1986. С. 50–54.
111. Мусеилов М.А. Физическая география Азербайджана. Баку: Изд-во Маариф, 1998. 400 с. (на азерб. языке).
112. Никитина О.И. Экологический сток и его значение для пресноводных экосистем. Экологический сток в бассейне Амура // Всемирный фонд дикой природы (WWF) России. (Отчет). М., 2015. 97 с.
113. Панина Н.А. Влияние засухи на речной сток // Сборник работ по гидрологии (ГГИ). 1987. № 18. С. 91–103.
114. Петров Г.Н. Определение размера минимально-допустимого остаточного речного стока ниже водозаборов и гидроузлов // Водоснабжения и санитария. 1974. № 4. С. 6–8.
115. Пириев Р.Х. Методы морфометрического анализа рельефа. Баку: Элм, 1986. 119 с.
116. Положение о порядке использования водных ресурсов водохранилищ УССР. Киев, 1975. 7 с.
117. Поляк И.И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов // Труды ГГО, 1975. Вып. 364. С. 51–55.
118. Потолашвили В.В. Определение доли стока на орошение в бассейне р. Алазани // Труды ЗакНИГМИ. 1977. Вып. 62(68). С. 109–114.

119. Ремизова С.С. Подсчет стока иранских рек, впадающих в Каспийское море // Вестник МГУ. 1964. Сер. V. География. № 1. С. 68–71.

120. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т. 9. Вып. 2. 471 с.

121. Руководство по оценке допустимого отбора стока малых рек // Руководство по использованию, регулированию и охране водных ресурсов малых рек РСФСР. Свердловск, 1985. Вып. 9. 27 с.

122. Руководство по составлению водохозяйственных балансов // Материалы ЕЭК ООН. Нью-Йорк, 1974. 89 с.

123. Рустамов С.Г. Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические особенности (на азерб. языке). Баку: Изд. АН Азерб. ССР, 1960. 196 с.

124. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1989. 184 с.

125. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водный баланс Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1978. 110 с.

126. Рустамов С.Г., Джафаров Б.С., Гаджибеков Н.Г. Водный баланс бассейнов рек Малого Кавказа. Баку: Элм, 1969. 209 с.

127. Саонов Б.И. Суровые зимы и засухи. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.

128. Салаев М.Э. Диагностика и классификация почв Азербайджана. Баку: Элм, 1991. 240 с.

129. Саркисян В.О. Воды Армении. Ереван, 2008. 208 с.

130. Саркисян В.О. Поверхностный приток в оз. Севан // Сборник работ Гидрометцентра Армянского УГКС. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. Вып.1(5). С. 9-17.

132. Соколов Б.Л., Саркисян В.О. Подземное питание горных рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 240 с.

133. Справка о результатах проработок по установлению экологического попуска по реке Самур // Западно-Каспийское бассейновое водное управление. Министерство Природных ресурсов РФ. Махачкала, 2001. 4 с.

134. Султанов Э.Т. Наводнение 2003 года в устье реки Куры // VI Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докладов. Секция 2. Наводнения и другие опасные гидро-

логические явления: оценка, прогноз и смягчение негативных последствий. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 213–217.

135. Фатуллаев Г.Ю. Современные изменения водных ресурсов и водного режима рек Южного Кавказа. Баку: Изд-во БГУ, 2002. 167 с.

136. Фашевский Б.В. Методические основы оценки резервируемого природоохранного стока // Водные ресурсы Белоруссии и их охрана. Минск, 1982. С. 85–94.

137. Фашевский Б.В. Критерии экологического стока // Проблемы и технические решения природоохранных мероприятий при мелиорации и водохозяйственном строительстве. М., 1988. С. 28–32.

138. Фашевский Б.В. Устойчивость речных геосистем при обосновании экологического стока // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М., 1989. С. 296–305.

139. Фашевский Б.В. Основы экологической гидрологии. Мн.: Экоивест, 1996. 240 с.

140. Фролова Н.Л. Гидрологические ограничения природопользования // Вопросы географии. Сб.133: Географо-гидрологические исследования. М.: Издательский дом «Кодекс», 2012. С. 456–478.

141. Халилов Г.А. Морфоструктуры восточной части Малого Кавказа. Баку: ИПО «Азербайджанская энциклопедия», 1999. 278 с.

142. Халилов Ш.Б. Водохранилища Азербайджана и их экологические проблемы. Баку: Издательство Бакинского Университета, 2003. 310 с.

143. Хмаладзе Г.Н. Влияние антропогенной деятельности на сток рек Риони и Куры // Труды ЗакНИГМИ. 1982. Вып. 77(83). С.10–23.

144. Хмаладзе Г.Н. Внутригодовое распределение стока рек Грузии // Труды ЗакНИГМИ, 1962. Вып. 10. С. 121–164.

145. Шахов И.С. Методика расчета экологических пропусков на реках Урала // Труды Урал. НИИВХ. 1980. Вып. 11. С. 27–37.

146. Шикломанов И.А. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 79 с.

147. Шикломанов И.А. Фатуллаев Г.Ю. Антропогенные изменения стока реки Куры. // Метеорология и гидрология. 1983. № 8. С. 71–78.

148. Ширинов Н.Ш. Геоморфологическое строение Кура-Аразской депрессии: морфоскульптуры. Баку: Элм, 1973. 187 с.

149. Ширинов Н.Ш. Новейшая тектоника и развитие рельефа Кура-Аразской депрессии. Баку: Элм, 1975. 118 с.

150. Ширинов Н.Ш. Развитие гидрографической сети Кура-Араксинской депрессии в связи с новейшей тектоникой и колебанием уровня Каспийского моря // Изв. АН Азерб. ССР. Сер. наук о Земле. 1976. № 3. С. 40–47.

151. Ширинов Н.Ш. Морфоструктурный анализ рельефа Азербайджана // Изв. АН Азерб. ССР. Сер. наук о Земле. 1979. № 6. С. 35–41.

152. Ширинов Н.Ш. Морфоструктурный анализ рельефа Азербайджанской ССР // Изв. АН Азерб. ССР. Сер. наук о Земле. 1980. № 3. С. 18–26.

153. Шихлинский Э.М. Атмосферные осадки // Климат Азербайджана. Баку, 1968. С. 152–185.

155. Цомая В.Ш. Характеристика стока междуречий по длине рек Кавказа // Труды ЗакНИГМИ. 1980. Вып. 72(78). С. 30–42.

156. Цыценко К.В., Шалыгин А.Л. Исследования потерь стока в низовьях рек // VI Всероссийский гидрологический съезд: тезисы докладов. Секция 5. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 253–257.

157. D.S.İ.,1995: Haritalı istatistik bülteni. Ankara, DSİ Genel Müdürlüğü. N. 991-viii-177. 513 s.

158. Ozdemir A. D., Karaca O., Erkus M. K.Low flow calculation to maintain ecological balance in streams // Riverbasin management: International Congress. Antalya, Turkey, 2007. Vol. 1. Pp. 402–412.

159. Öziş Ü, Y.Ozdemir.Turkeys Transboundary watercourses and the Euphrates-Tigris Basin // Transboundary Waters and Turkey. Istambul, 2009. Pp. 21–57.

160. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive // European Commission Guidance Document № 31. 2015.

161. Environmental Flow Guidelines. 2006. 47 p.
162. WHO-ROE World Health Organization Regional Office of Europe, 2010. The WHO e-atlas of disaster risk for the European region, Volume 1 — exposure to natural hazards, version 2.0. [www.who-eatlas.org/europe/](http://www.who-eatlas.org/europe/)
163. World Water Resources of the Beginning of the 21st Century / Eds. I. A. Shiklomanov, J. Rodda. Cambridge: Univer. Press, 2003. 436 p.
164. Yıldız Mehmet, Özkaya Mustafa, Gürbüt Atilla, Uçar İsmail. Turkey Surface Water Potential and its change in time // International Congress. River Basin Management. Volume I. Antalya-Turkey, 2007. Pp. 127–138.
165. CENN/ITC 2012. Atlas of natural hazards and risks of Georgia. Caucasus Environmental NGO Network // Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation ITC, University of Twente, the Netherlands, 2012. Tbilisi, 124 pp.
166. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database on 19.1.2012, [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net) — Université Catholique de Louvain–Brussels — Belgium, [www.emdat.be](http://www.emdat.be)
167. SEI Stockholm Environment Institute, 2009. The socio-economic impact of climate change in Armenia. UNDP Climate change impact assessment project, UNDP Armenia — Ministry of Nature Protection of Armenia. Yerevan, 139 pp.
168. Tharme R.E. A global perspective on environmental flow assessment emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers // River research and applications. 19. 2003. Pp. 397-441.
169. Tennant D. L. Instream flow regimes for Fish, Wildlife, Recreation and Related environmental resources, in J.F. Orsborn and C.H. Allman, eds. // Proceedings of Symposium and Speciality Conference on Instream flow needs. Vol II. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, 1976. Pp. 359-373.

## Содержание

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
Глава 1. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА . . . . .	6
Глава 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ . . . . .	20
2.1. Водный режим . . . . .	20
2.2. Годовой сток и его внутригодовое распределение .	31
2.3. Водные ресурсы рек . . . . .	37
2.4. Использование водных ресурсов . . . . .	41
2.5. Инфраструктура водного хозяйства . . . . .	46
Глава 3. ТРАНСФОРМАЦИЯ СТОКА ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК . . . . .	51
3.1. Река Кура . . . . .	51
3.2. Река Аракс (Араз) . . . . .	60
3.3. Реки Алазани и Иори . . . . .	66
3.4. Река Самур . . . . .	72
3.5. Реки Малого Кавказа . . . . .	77
3.6. Трансформация внутригодового распределения стока . . . . .	86
Глава 4. ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА МЕСТНЫХ РЕК . . . . .	91
4.1. Гидрологическая сеть наблюдений . . . . .	91
4.2. Многолетние колебания речного стока . . . . .	92
4.3. Изменение сезонного и месячного стока . . . . .	94
4.4. Изменение водных ресурсов местных рек . . . . .	97
4.5. Роль водохранилищ в улучшении обеспеченности водными ресурсами . . . . .	98
4.6. Взаимодействие поверхностных и подземных вод.	105

Глава 5. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ . . . . .	113
5.1. Наводнения . . . . .	113
5.2. Маловодья . . . . .	121
Глава 6. ОЦЕНКА ПРИТОКА РЕЧНЫХ ВОД В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ . . . . .	125
Глава 7. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК. . . . .	132
7.1. Существующие методы оценки . . . . .	132
7.2. Метод определения экологического стока местных рек Азербайджана . . . . .	138
7.3. Расчет экологического стока реки Самур . . . . .	142
Заключение . . . . .	146
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	148

**ФАРДА ИМАНОВ**

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ р. КУРЫ**

Подписано в печать 15.06.2016.

Формат 60x84/16. Тираж 120 шт.

Печать цифровая. Заказ №0414988.

При перепечатке ссылка на издание обязательна.

Отпечатано в типографии ООО «Супервэйв Групп».

193149, РФ, Ленинградская область, Всеволожский  
район, пос. Красная Заря, д.15.



## **ИМАНОВ ФАРДА АЛИ ОГЛУ**

**Доктор географических наук, профессор  
декан географического факультета Бакинского  
государственного университета**

Научная деятельность связана с исследованиями водных ресурсов и оценкой воздействия на них антропогенных и природных факторов.

Автор более 210 научных работ (из них 6 монографий, 5 учебников). Под его руководством подготовлено 6 кандидатов наук.

Член ученых советов Бакинского государственного университета и географического факультета, редколлегии журнала «Вестник Бакинского Университета», член Экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Азербайджан по наукам о земле, председатель Национального комитета Азербайджана по Международной гидрологической программе ЮНЕСКО, заместитель председателя Географического Общества Азербайджана.

## **IMANOV FARDA ALI**

**Doctor of geographical sciences, professor  
Dean of the Faculty of Geography of Baku State  
University**

Mr. Imanov's scientific activity is associated with the research of water resources and assessment of impacts of anthropogenic and natural factors. Professor Farda Imanov is an author of more than 210 scientific works (including 6 monographs and 5 manuals). He is guiding 6 candidates of sciences at the moment.

Mr. Farda Imanov is a member of the Scientific Councils of Baku State University and the Faculty of Geography, the Editorial Board of the magazine "Baku University News", Board of Experts of the Higher Attestation Commission on Earth Sciences under the President of the Republic of Azerbaijan; chairman of the Azerbaijan National Committee for the International Hydrological Program of UNESCO; and deputy chairman of Geographical Society of Azerbaijan.