

РАЗРАБОТКА ПЛАНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ СЕВЕРО- ВОСТОЧНОГО СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА

Ф.А. Иманов

E-mail: farda_imanov@mail.ru

Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан

АННОТАЦИЯ: Представлена разработка плана распределения поверхностных водных ресурсов для речных бассейнов северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана в соответствии с требованиями Водной рамочной директивы ЕС. Основными компонентами плана являются существующие поверхностные водные ресурсы, величина экологического стока рек, показатели водопользования для питьевого водоснабжения и орошения. Данные компоненты определены на основе фактических данных, рассчитаны различными методами или оценены косвенным путем. Величина экологического стока, являющаяся приоритетным компонентом плана, определена двумя различными способами.

План распределения поверхностных водных ресурсов рассчитан как на современный период, так и до 2035 г. Показано, что водохозяйственные балансы исследуемых речных бассейнов характеризуется положительно. В процессе составления плана выявлен ряд пробелов, влияющих на точность оценки отдельных компонентов. Примененный в исследовании подход может быть использован и для других речных бассейнов страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Малый Кавказ, план распределения водных ресурсов, водозабор, орошение, потери воды, питьевое водоснабжение, экологический сток.

Азербайджанская Республика относится к числу стран с ограниченными водными ресурсами, неравномерно распределенными по территории: 70 % поверхностных водных ресурсов формируются за пределами страны, имеющиеся ресурсы используются нерационально и сокращаются в условиях изменения климата. Начавшаяся в 2014 г. и продолжающаяся в настоящее время засуха усугубляет эти проблемы.

В регионах с ограниченными водными ресурсами для обеспечения устойчивого развития необходимо применение эффективных методов управления, включающих как минимум три взаимосвязанных аспекта – технические (оценка водных ресурсов, спрос и предложение, инфраструктурные проекты), законодательные и институциональные вопросы.

© Иманов Ф.А., 2020

После распада СССР в Азербайджане по водному сектору не были приняты стратегические документы, направленные на реализацию государственной политики в области водных ресурсов и развития водохозяйственного комплекса страны. Водный кодекс Азербайджанской Республики (1997 г.) [1] – основной документ водного законодательства страны. Водная политика также реализуется на основе различных национальных и государственных программ, планов мероприятий по отдельным секторам экономики.

В настоящее время, несмотря на принятие многочисленных поправок к Водному кодексу, все еще остается немало пробелов. Например, в кодексе указывается на согласование административного метода управления водными ресурсами с бассейновым принципом; водохозяйственные балансы должны составляться для страны, административно-территориальных единиц и речных бассейнов. В действительности планы водопользования разрабатываются не для речных бассейнов, а только для административных районов и крупных ирригационных систем. Кодекс содержит положения об экологическом попуске воды и о допустимом безвозвратном изъятии вод, однако общие правила определения объема водозабора не приняты. Отсутствует также положение по совместному управлению поверхностными и подземными водами.

В управлении водными ресурсами Азербайджана участвуют несколько министерств и открытых акционерных обществ (Министерство экологии и природных ресурсов, Министерство по чрезвычайным ситуациям, ОАО «Мелиорация и водное хозяйство Азербайджана», ОАО «Азерсу» и др.), т. е. водные ресурсы управляются на секторальном уровне, не применяется интегрированный подход. С другой стороны, имеет место дублирование полномочий, а координация между этими структурами очень слабая. В результате ограниченные водные ресурсы используются неэффективно, речные экосистемы деградируют.

С 2011 г. при поддержке международных организаций разрабатывается Национальная водная стратегия по интегрированному управлению водными ресурсами Азербайджанской Республики на 2020–2035 гг. Этот стратегический документ призван обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие Азербайджана, водную безопасность, развитие водохозяйственного комплекса, защиту водных объектов, населения и территорий от негативного воздействия вод, формирование и реализацию национальных приоритетов.

Данные о текущем и будущем спросе на водные ресурсы и об их предложении могут быть обобщены путем составления плана водораспределения (ПВ) для речных бассейнов. Основная цель ПВ – обеспечить устойчивое использование водных ресурсов путем их рационального распределения

среди пользователей и охраны рек. ПВ является эффективным инструментом, особенно в районах с ограниченными водными ресурсами, где экологическое состояние рек неудовлетворительно и имеются конфликты между водопользователями.

Основываясь на международном опыте, были определены десять «золотых» правил для планирования процесса распределения воды: ПВ должен быть тесно связан с другими программами, направленными на социальное, экономическое и экологическое развитие бассейна; следует проявлять максимальную осторожность при оценке водных ресурсов; при распределении водных ресурсов необходимо учитывать социальные, экологические и стратегические приоритеты и т. д. [2]. План водораспределения, как правило, разрабатывают на период до десяти лет и обновляют каждые пять лет. Наряду со специалистами водохозяйственных организаций в процессе подготовки ПВ также должны участвовать представители населения, проживающие в речном бассейне.

Удовлетворение спроса на питьевую воду и соблюдение санитарно-гигиенических требований является главным приоритетом ПВ. В соответствии с требованиями Всемирной организации здравоохранения количество питьевой воды, необходимое для удовлетворения ежедневных потребностей человека, должно составлять от 20 до 100 л [3]. Однако нет единого мнения по вопросу включения в этот приоритет количества воды, необходимого для содержания домашнего скота и полива приусадебных участков (за исключением фермерского хозяйства) [2]. Еще одним приоритетом является обеспечение количества экологического стока в реках. После выделения необходимых объемов воды для удовлетворения спросов первых двух приоритетов оставшиеся водные ресурсы должны быть распределены среди других пользователей.

В Азербайджане практически отсутствует опыт по составлению ПВ. Еще во времена СССР была разработана «Комплексная схема по использованию и охране водных ресурсов в бассейне р. Кура», но она не была согласована Азербайджаном, Грузией и Арменией. В 1970–1980-е годы составлялись водохозяйственные балансы для речных бассейнов страны. После 1990-х годов доступными являются лишь обобщенные данные о водозаборах из естественных поверхностных и подземных источников, их использовании по секторам экономики. Азербайджан и Россия подписали соглашения о распределении водных ресурсов трансграничной р. Самур. Аналогичный договор подписан с Ираном по трансграничной р. Араз (Аракс). Однако в этих документах указаны только величины допустимых водозаборов и экологических попусков [4].

В рамках регионального проекта, финансируемого Европейским Союзом (ЕС), разработаны ПВ для двух правых притоков р. Куры – Гянджачай и

Гошгарчай [5]. В этих ПВ реализованы принципы интегрированного управления водными ресурсами и рекомендации Водной Рамочной Директивы ЕС по составлению планов управления речными бассейнами [6]. Следует отметить, что в ходе реализации первой фазы другого регионального проекта «Сокращение трансграничной деградации в бассейне реки Кура-Араз», выполненного в 2011–2014 гг. при финансовой поддержке Программы развития ООН и Глобального экологического фонда, был разработан Национальный план действия (НПД) Азербайджанской Республики по интегрированному управлению водными ресурсами. В 2016–2020 гг. проект НПД был обновлен, в документ включили мероприятия по использованию и распределению водных ресурсов.

Основная задача данной статьи – анализ и обобщение данных о поверхностных водных ресурсах и их использовании, разработка плана водораспределения для бассейнов рек северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Исследуемый регион находится на западе Азербайджана и граничит с Грузией и Арменией (рисунок). Его границы полностью совпадают с границами Гянджа- Казахского экономического и водохозяйственного районов. Площадь региона составляет 12,48 тыс. км² (14,4 % площади всей страны), общая численность населения 1,3 млн чел. Водные ресурсы местных рек оцениваются в 1,77 км³ [7]. На реках наблюдаются продолжительные летне-осенние и зимние меженные периоды, в которые водность рек составляет 16–25 % от годового стока [8]. Наиболее полноводными являются реки Акстафачай, Шамкирчай и Кюрекчай, на первых двух построены одноименные водохранилища с общим объемом 120,0 и 164,5 млн м³ соответственно [9].

Воды этих и еще девяти небольших водохранилищ в основном используются для орошения засушливых земель. Исключение составляет построенное в 2014 г. Шамкирчайское водохранилище, здесь действует ГЭС и несколько городов (Гянджа, Шамкир, Самух) обеспечиваются питьевой водой. На реках Гянджачай и Дзегамчай планируется строительство новых водохранилищ.

В регионе главным водопользователем является сельское хозяйство: по данным ОАО «Мелиорация и водное хозяйство», общая площадь орошаемых земель составляет 210 тыс. га.

В данном исследовании использованы данные по среднегодовым расходам воды (1934–2017 гг.) девяти гидрологических пунктов наблюдений, действующих на реках северо-восточного склона Малого Кавказа; средне-многолетним объемам речного стока; водозаборам для питьевого водоснабжения (2019 г.) и ирригации (2018 г.); площадям орошаемых земель (2018 г.) и численности населения (2019 г.). Для прогнозирования численности насе-



Рисунок. Картограмма речных бассейнов.

ления на 2035 г. проанализированы данные последних лет о естественном приросте населения. Учтен также прогноз возможного воздействия изменения климата на водные ресурсы к 2040 г. При анализе данных использованы методы сравнения, отношения, экстраполяция и статистические методы. Экологический сток рек определялся двумя различными способами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

План водораспределения, разработанный для речных бассейнов изучаемого региона, включает следующие компоненты:

- значение годового стока рек 95 % обеспеченности;
- величину экологического стока рек;
- количество воды для питьевого водоснабжения;
- количество воды для орошения;
- объем потерь воды в ирригационных системах;
- количество воды, оставшееся после использования.

Расчет годового стока 95 % обеспеченности. Планы водораспределения составляются для лет с различной водностью или же для года заданной обеспеченности. В данной работе ПВ разработаны для маловодного года 95 % обеспеченности, т. к. водопользователи чаще всего сталкиваются с нехваткой воды в такие годы.

В связи с тем что действующие на реках изучаемого региона гидрологические пункты наблюдения расположены в верхних частях речных бассейнов, невозможно определить общую величину речного стока в бассейне. По этой причине данная характеристика речного стока была оценена косвенно. В последний раз годовой сток с речных бассейнов рассчитывался в 1989 г.

по данным 1975 г. [6]. Значения стока пересчитаны с использованием данных наблюдений по 2017 г. С этой целью выполнено сравнение многолетних значений среднегодовых расходов воды за два периода: до 1975 г. и до 2017 г. (табл. 1). Изменения годового стока рек имеют разные знаки. Выполнена оценка значимости изменений стока с использованием критерия Стьюдента. При проверке уровень значимости принимался $2\alpha = 5\%$. Для всех рядов гипотеза об однородности по этому критерию не опровергается. Этот результат является ожидаемым, т. к. все расхождения не превышают 10 %.

На следующем этапе осуществлено сравнение среднемноголетних объемов годового стока и стока 95 % обеспеченности для замыкающих створов рек до 1975 г. [7] и определены их соотношения (табл. 2).

Таблица 1. Изменение среднемноголетних годовых расходов воды в гидрологических пунктах наблюдения, м³/с

Река – пункт	Среднемноголетние годовые расходы воды		Изменение расходов воды	
	до 2017 г.	до 1975 г.	м ³ /с	%
Ахынджачай – Агдам	2,65	2,94	0,29	-9,9
Дзегамчай – Агбашлар	5,12	4,92	0,20	+4,1
Шамкирчай – Галакенд	2,53	2,46	0,07	+2,8
Гошгарчай – Саркар	1,45	1,35	0,10	+7,4
Гянджачай – Зурнабад	4,17	4,61	0,44	-9,5
Кюракчай – Чайкенд	2,68	2,86	0,18	-6,3

Таблица 2. Среднемноголетние объемы годового стока и стока 95 % обеспеченности рек и их соотношения (до 1975 г.), млн м³

Река	Среднемноголетний годовое стока, W_r	Годовое стока 95 % обеспеченности, $W_{95\%}$	$W_r / W_{95\%}$
Инджасу	28,4	14,3	0,50
Агстафачай	416,3	220,8	0,53
Гасансу	55,2	27,4	0,50
Ахынджачай	176,6	104,4	0,59
Дзегамчай	184,2	97,4	0,53
Джагирчай	57,1	31,4	0,55
Шамкирчай	292,7	180,1	0,61
Гошгарчай	86,4	54,6	0,63
Гянджачай	161,2	110,1	0,68
Кюракчай	238,8	96,8	0,41
Геранчай	94,0	63,1	0,67
Инджачай	49,2	30,3	0,62

С учетом изменения стока в гидрологических пунктах наблюдений (табл. 1) определены значения среднемноголетнего годового стока речных бассейнов (табл. 3). Используя уточненные значения стока и коэффициенты, приведенные в табл. 2, рассчитали окончательные значения годового стока 95 % обеспеченности (табл. 3).

Таблица 3. Уточненные значения среднемноголетних объемов годового стока и стока 95 % обеспеченности рек, млн м³

Река	Среднемноголетний годовое стока, W_r	Годовой сток 95 % обеспеченности, $W_{95\%}$
Инджасу	28,4	14,3
Агстафачай	476,2	252,4
Гасансу	68,2	34,1
Ахынджачай	159,1	93,9
Дзегамчай	191,8	101,6
Джагирчай	57,1	31,4
Шамкирчай	300,9	183,5
Гошгарчай	92,8	58,5
Гянджачай	145,9	99,2
Кюракчай	223,8	91,8
Геранчай	94,0	63,1
Инджачай	49,2	30,3

В ПВ значения годового стока 95 % обеспеченности на 2035 г. приведены с учетом возможных изменений климата. По прогнозам к 2040 г. годовое стока рек изучаемого региона сократится на 10 % [10].

Определение экологического стока. В настоящее время в Азербайджане отсутствует нормативный документ по определению экологического стока рек. Значения экологического стока рек рассчитаны двумя методами. Первый метод используется в основном в проектах, реализуемых ОАО «Мелиорация и водное хозяйство». Согласно этому методу, величина годового объема экологического стока рек составляет 75 % от минимального стока 95 % обеспеченности [11]. Второй также относится к группе гидрологических методов и учитывает внутригодовое распределение стока и многолетние колебания месячного стока [12, 13].

Для рек, имеющих гидрологические пункты наблюдения, рассчитанные значения экологического стока и их отношения к среднемноголетнему годовому стоку приведены в табл. 4. По первому методу величина экологического стока составляет в среднем 20 % от среднемноголетнего стока, по второму – 34 %. Учитывая ограниченность водных ресурсов рассматриваемого региона, в планах водораспределения величина экологического стока принята

в объеме 20 % от среднегололетнего. Значения экологического стока на 2035 г. учтены на уровне 2018 г. (20 %). Следует отметить, что в соглашении между Азербайджаном и Россией о распределении трансграничных вод р. Самур величина экологического стока согласована на уровне 30,5 %.

Водозаборы для питьевого водоснабжения. Учет вод, используемых для питьевого водоснабжения, ведется по административным районам, а не по речным бассейнам. Поэтому эти данные пересчитаны для речных бассейнов с учетом расположения населенных пунктов (табл. 5).

В настоящее время при проектировании систем водоснабжения в регионах Азербайджана суточная норма на одного человека составляет 70 л/с, она использована при расчете прогнозной величины питьевой воды на 2035 г. При этом учтена динамика естественного прироста населения и доля подземных вод (40 %), используемых для питьевого водоснабжения.

Таблица 4. Значения экологического стока рек и их отношение к среднегололетнему годовому стоку

Река – пункт	Среднегололетний годовой расход воды, Q _г , м ³ /с	Экологический сток, Q _{эк} , м ³ /с		Q _{эк} / Q _г	
		по Фащев- скому, м ³ /с	по Има- нову, м ³ /с	по Фащев- скому, %	по Има- нову, %
Ахынджачай – Агдам	2,65	0,25	0,56	9,4	21,1
Дзегамчай – Агбашлар	5,12	1,05	1,56	20,5	30,5
Шамкирчай – Галакенд	2,53	0,69	1,04	27,3	41,1
Гошгарчай – Саркар	1,45	0,32	0,42	22,1	29,0
Гянджачай – Зурнабад	4,17	1,02	1,62	24,5	38,8
Кюракчай – Чайкенд	4,07	1,14	1,68	28,0	41,3

Водозаборы для орошения. Данные о водозаборах из рек для ирригации по административным районам также пересчитаны для речных бассейнов с учетом расположения орошаемых площадей (табл. 5). Следует отметить, что в изучаемом регионе водозаборов для орошения из поверхностных источников (371,3 млн м³) меньше, чем из подземных источников (611,3 млн м³). В ПВ на 2035 г. объемы воды для ирригации оставлены на текущем уровне. Однако в условиях продолжительной засухи (2014–2020 гг.) спрос на поливную воду может значительно увеличиться.

По данным ОАО «Мелиорация и водное хозяйство», потери воды в ирригационных системах региона в среднем составляют 21 %. Данный показатель принят в ПВ для 2018 и 2035 гг. Однако существует мнение, что в настоящее время потери во многих речных бассейнах фиксируются на уровне 30–40 %.

План водораспределения для речных бассейнов региона представлен в табл. 5. Анализ плана показывает, что водохозяйственные балансы речных бассейнов рассматриваемого региона положительные, т. е. после использования остаются избыточные запасы воды (табл. 5). Только в бассейне р. Кюракчай в 2035 г. может иметь место незначительный дефицит воды. Полученные результаты не в полной мере согласуются с ситуацией, сложившейся в речных бассейнах региона, поскольку известно, что в результате чрезмерных водозаборов для орошения в вегетационный период реки пересыхают в нижнем течении. Скорее всего, это обусловлено неточностью данных, особенно по водозаборам для орошения.

Таблица 5. План распределения поверхностных вод

Река	Год	Использование поверхностных вод, млн м ³					
		Распологаемые ресурсы	Водозаборы для питьевого водоснабжения	Водозаборы для орошения	Потери воды	Экологический сток	Остаток воды
Агстафачай	2018	252,4	0,00	99,3	26,4	95,2	+31,5
	2035	227,2	0,00	99,3	26,4	95,2	+6,3
Гасансу	2018	34,1	0,08	7,6	2,0	13,6	+10,8
	2035	30,7	0,42	7,6	2,0	13,6	+7,1
Ахынджачай	2018	93,9	0,20	23,0	6,1	31,8	+32,8
	2035	84,5	1,25	23,0	6,1	31,8	+22,4
Дзегамчай	2018	101,6	0,28	29,0	7,7	38,4	+26,2
	2035	91,4	1,36	29,0	7,7	38,4	+14,9
Джагирчай	2018	31,4	0,00	3,6	0,9	11,4	+15,5
	2035	28,3	0,00	3,6	0,9	11,4	+12,4
Шамкирчай	2018	183,5	0,93	20,1	5,5	60,2	+96,8
	2035	165,2	7,78	20,1	5,5	60,2	+71,6
Гошгарчай	2018	58,5	0,09	0,9	0,2	18,6	+38,7
	2035	52,6	0,66	0,9	0,2	18,6	+32,2
Гянджачай	2018	99,2	1,85	25,5	6,8	29,2	+35,8
	2035	89,3	1,93	25,5	6,8	29,2	+25,9
Кюрекчай	2018	91,8	1,90	28,0	7,4	44,8	+9,70
	2035	82,6	3,78	28,0	7,4	44,8	-1,4
Геранчай	2018	63,1	0,69	16,6	4,4	18,8	+22,6
	2035	56,8	3,02	16,6	4,4	18,8	+14,0
Инджачай	2018	30,3	0,18	1,8	0,5	9,8	+18,0
	2035	27,3	0,36	1,8	0,5	9,8	+14,8

Обычно при составлении планов водораспределения возникают вопросы, связанные с исходной информацией. На примере составленного ПВ к числу основных неопределенностей могут быть отнесены следующие факторы:

- недостаточное количество гидрологических пунктов наблюдений на реках. На некоторых реках они отсутствуют (Акстафачай, Джагирчай, Геранчай);
- низкая точность данных об использовании речных вод;
- учет используемой ирригационной и питьевой воды ведется по административным районам. Пересчет этих данных для конкретных речных бассейнов носит субъективный характер;
- прогнозы по расширению орошаемых площадей и, соответственно, увеличению спроса на поливную воду не разрабатываются;
- отсутствует нормативно-правовой регламент по оценке экологического стока рек;
- не определены структуры, ответственные за применение и мониторинг планов водораспределения.

ВЫВОДЫ

Анализ планов водораспределения бассейнов рек северо-восточного склона Малого Кавказа показывает, что практически все водохозяйственные балансы как для 2018 г., так и для 2035 г., являются положительными. Однако в случае продолжения экстремально маловодного периода 2014–2020 гг., ситуация может ухудшиться. В процессе разработки планов водораспределения выявлен ряд технических, законодательных и управленческих пробелов. Вероятно, реализация утвержденных в 2019 г. «Правил составления водохозяйственных балансов для республики, водных бассейнов и административно-территориальных единиц» позволит обеспечить разработку более детальных и точных планов водораспределения.

Структура и методы определения компонентов плана водораспределения, представленные в данной статье, могут быть использованы при разработке аналогичных планов для других речных бассейнов Азербайджана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный Кодекс Азербайджанской Республики. 1997.
2. *Speed Robert, Yuanyuan Li, Zhiwei Zhou, Quesne Tom Le, Pegram Guy.* Basin Water Allocation Planning: Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning. 2013. Asian Development Bank, GIWP, UNESCO, and WWF-UK. Режим доступа: <http://hdl.handle.net/11540/82> (дата обращения 15.05.2020).
3. World Health Organization (WHO). 2003. The Right to Water. Health and human rights publication series no. 3. Geneva, WHO.

4. *Иманов Ф.А.* Водные ресурсы и их использование в трансграничном бассейне р. Куры. СПб.: Свое издательство, 2016. 164 с.
5. Water Resource use studies in selected Transboundary tributaries (Zayamchay and Goshgarchay) in the Central Kura Pilot basin of Azerbaijan combining IWRM and WFD objectives through establishment of environmental flows and EQOs Project. European Union funded project. Final report. 2016.
6. Water Framework Directive 2000/60/EC (WFD).
7. *Рустамов С.Г., Каишай Р.М.* Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку: Изд-во Элм, 1989. 181с.
8. *Иманов Ф.А., Алекперов А.Б., Гулиева А.А.* Многолетние колебания и оценка стока маловодных периодов трансграничных рек Малого Кавказа // Ученые записки РГГМУ. 2015. Вып. 39. С. 25–33.
9. *Ахмедзаде А. Дж., Гашимов А. Дж.* Энциклопедия. Мелиорация и водное хозяйство. Баку, 2016. 632 с. (на азерб. языке)
10. Azerbaijan Second National Communication to UNFCCC – Baku, 2010.
11. *Фащевский Б.В.* Устойчивость речных геосистем при обосновании экологического стока // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М., 1989. С. 296–305.
12. *Иманов Ф.А.* Минимальный сток рек Кавказа. Баку: Нафта-Пресс, 2000. 298 с.
13. *Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф., Нуриев А.А.* Метод определения экологического стока рек Азербайджана // Водное хозяйство России. 2017. № 5. С. 90–101. DOI: 10.35567/1999-4508-2017-5-6.

Для цитирования: Иманов Ф.А. Разработка плана распределения поверхностных водных ресурсов для речных бассейнов северо-восточного склона Малого Кавказа // Водное хозяйство России. 2020. № 5. С. 74–92.

Сведения об авторе:

Иманов Фарда Али оглы, д-р геогр. наук, профессор, Бакинский государственный университет, Азербайджан, AZ 1148, г. Баку, ул. Захида Халилова, 23; e-mail: farda_imanov@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE PLAN OF DISTRIBUTION OF SURFACE WATER RESOURCES FOR RIVER BASINS OF THE NORTH-EASTERN SLOPE OF THE LESSER CAUCASUS

Farda A. Imanov

E-mail: farda_imanov@mail.ru

Baku State University, Baku, Azerbaijan

Abstract: The article is devoted to the development of a plan for distribution of surface water resources for river basins of the North-Eastern slope of the Lesser Caucasus within Azerbaijan in compliance with the requirements of the EU Water Framework Directive. This is, in fact, the first such plan for the country's river basins. Its main components are consisted of existing surface water resources, the quantity of environmental flow, water use indicators for drinking water supply and irrigation. Some of these components have been determined based on the data over the recent years, while others have been calculated using specific methods or estimated indirectly.

The volume of environmental flow, as one of the priority components of the plan, had been determined in two different ways. Given that the water resources of the studied region are limited, the amount of environmental runoff was taken at 20% of the long-term annual runoff in water distribution plan. The main water user in the region is agriculture. Eleven water reservoirs have been built with the aim to achieve rational use of river runoff. Water losses in the irrigation systems of the region are at least 21%. The plan is designed both for the modern period and for 2035. It is shown that the water management balances of the studied river basins are characterized positively. However, if the extremely dry period of 2014–2020 is going to continue, the situation may worsen. A number of gaps were identified in the process of compiling the plan that affect the accuracy of evaluation of individual components. These gaps concern technical, legislative and institutional issues. It was noted that the approach used in this study could be used in other river basins of the country. It is also necessary to include groundwater resources and their use in water allocation plan.

Key words: Lesser Caucasus, water allocation plan, water intake, irrigation, water losses, drinking water supply, environmental flow.

Republic of Azerbaijan is among the countries with limited water resources nonuniformly distributed upon its territory: 70% of the surfacewater resources are formed beyond the country boundaries; the available resources are used irrationally and decrease in the climate change situation. The drought that has begun in 2014 and is going on aggravating the problems.

It is necessary to apply effective methods of management to provide sustainable development for regions with the limited water resources. These methods should include at least three interrelated aspects: technical (assessment of water resources, demand/supply, and infrastructure projects), legislative, and institutional issues.

After desintegration of the USSR strategic documents aimed at implementation of the state policy in the water resources sphere and development of the country water sector have not been adopted. Water Code of the Republic of Azerbaijan (1997) [1] is the main document of the country's water legislation. Water policy based on various national and state programs and plans of measures for particular sectors of economy is being implemented.

Nowadays many problems remain unsolved in spite of the adoption of numerous amendments to the Water Code. For instance, the Code indicates compliance of administrative method of water resources management with the basin principle; water/economic balances are to be made for the country, administrative/territorial units and river basins. In reality water use plans are developed not for river basins but only for administrative areas and major irrigation systems. The Code contains provisions concerning environmental release of water and permissible irretrievable withdrawal of water, however, general rules of the water intake amount have not been adopted. There is no provision on the joint management of surface waters and groundwater.

Several ministries and open-end joint stock companies (Ministry of Ecology and Natural Resources, Ministry for Emergencies, OAO «Melioration and Water Sector of Azerbaijan», OAO «Azersu», etc.) participate in water resources management in Azerbaijan, this means that water resources are managed at the sector level and the integrated approach is not applied. On the other hand, doubling of the authorities takes place and there is very weak coordination between these structures. As a result the limited water resources are used ineffectively and the river systems degrade.

Since 2011 National Water Strategy on Integrated Water Resources Management In the Republic of Azerbaijan for 2020–2035 is being developed with support of international organizations. This strategic document is meant to secure sustainable social/economic development of Azerbaijan, water safety, development of water sector, protection of water bodies, population and territories against negative impact of waters and to for and implementation of national priorities.

Data on the current and future demand/supply for water resources can be summed up by preparation of the plan of water allocation (PW) for river basins. The main objective of PW is to secure sustainable water resources use through their rational distribution among users and protection of rivers. PW is an effective tool, especially for areas with limited water resources where rivers' ecological situation is unsatisfactory and conflicts between water users take place.

Ten «golden» rules based on international experience for water distribution process planning have been determined: PW should be closely coordinated with other programs aimed at social, economic and ecological development of the basin; it is advisable to assess water resources with maximal caution; in distribution of water resources it is necessary to take into account social, environmental and strategic priorities, etc. [2]. Plan of water distribution as a rule is to be developed for the period up to ten years and to be renewed every five years. Representatives of the river basin population are to participate in the PW preparation process alongside with water specialists.

The main priority of PW is meeting the demand for drinking water and observance of sanitary-hygienical requirements. In accordance with requirements of World Health Organization the drinking water quantity necessary for satisfaction of human daily demand should be from 20 to 100 l. [3]. However, there is no single opinion about inclusion to this amount water necessary for cattle breeding and watering of household gardens (excluding farms) [2]. One more priority is provision of environmental flow in rivers. After allocation of necessary volume of water for satisfying the first two priorities the remaining water resources are to be distributed among other users.

In Azerbaijan there is practically no experience concerning compiling of PW. As early as at the USSR times the "Integrated scheme for use and protection of water resources in the Kura River basin" was developed but it was not agreed with Azerbaijan, Georgia and

Armenia. In 1970–1980 water/economic balances were composed for the country river basins. After 1990s only generalized data on water intakes from natural surface water and groundwater sources and water use by sectors of economy were available. Azerbaijan and Russia have signed an agreement on distribution of water resources of the transboundary Samur River. An analog treaty concerning the transboundary Araz (Araks) River was signed with Iran. However, these documents contain only volumes of permissible water withdrawal and environmental flows [4].

Within the framework of a regional project financed by the European Union (EU) PW for two right tributaries of the Kura River, the Gyandzhachay and Goshgarchay, have been developed [5]. These PW have implemented the principles of integrated water resources management and recommendations of the EU Water Framework Directive on development of the river basin management plans [6]. It should be noted that in the process of implementation of the first phase of another regional project «Diminishing of transboundary degradation in the Kura-Araz River basin» made in 2011–2014 with financial support of the UN Development Program and the Global Ecological Fund National Action Plan (NAP) of the Republic of Azerbaijan on integrated water management has been developed. In 2016–2020 the NAP project was renewed and the document was amended with measures on the water resources use and distribution.

The main objective of the article is to give analysis and summing up of the data on surface water resources and their use, and development of the water allocation plan for river basins of the North-Eastern slope of Lesser Caucasus within the boundaries of Azerbaijan.

INITIAL DATA AND ANALYSIS METHODS

The region under study is located on the West of Azerbaijan and had common frontiers with Georgia and Armenia. Its boundaries completely coincide with the boundaries of Gyandzhakazakh economic and water/economic districts. The region's area is 12.48 thousand km² (14.4% of the whole country area), total population is 1.3 million. Water resources of the local rivers are estimated as equal to 1.77 km³ [7]. Long summer/autumn and winter low-water periods can be observed at the rivers where water content is 16–25 % of the annual runoff [8]. The Akstafachay, Shamkirchay and Kyurekchay rivers have the most water content; two reservoirs with the same names and total volume of 120.0 and 64.5 million m³, respectively have been constructed at the two formers [9].

Mostly water of these and nine small reservoirs are used for irrigation of arid lands. The only exception is the Shamkirchay reservoir built in 2014, here a hydro power plant is functioning and several cities (Gyandzha, Shamkir, and Samukh) are supplied with drinking water. New reservoirs are planned to be built at the Gyandzhachay and Dzegamchay rivers.

Agriculture is the main water user in the region; according to OAO «Melioration and water sector» data the total area of irrigated lands is 210 thousand hectares.

This study has used data on average annual water discharge (1934–2017) from nine hydrological observation points at the rivers of the North-Eastern slope of Lesser Caucasus; average annual volume of river runoff; water intake for drinking water supply (2019) and irrigation (2018); areas of irrigated lands (2018) and population (2019). To forecast population number for 2035 we have analyzed recent years data on natural population growth rate. Also we took into account the forecast of possible impact of the climate change on water resources by 2040. Methods of comparison, relation, extrapolation and statistic methods have been applied for analysis of this data. Environmental flow is to be determined by two different methods.

RESULTS AND DISCUSSION

The water allocation plan developed for river basins of the region under study includes the following components:

- value of 95 % probability rivers annual runoff;
- value of the rivers environmental flow;
- quantity of water used for drinking water supply;
- quantity of water used for irrigation;
- volume of water losses in irrigation systems;
- quantity of water remained after the use.

Calculation of 95 % probability annual runoff. Plans of water allocation are to be developed for years of different water content or for the year of the preset probability. In this paper PWs have been developed for low-water content year of 95 % probability as water users more often face the lack of water in such years.

It is impossible to determine total value of river runoff in the basin because the hydrological observation points are located in the upstream reaches of river basins. Because of this reason the given river runoff characteristic has been assessed only indirectly. Last time the annual runoff from river basins was calculated in 1989 by the data of 1975. [6]. These values of the runoff have been recalculated with the use of the observation data collected before 2017. To this end we have compared average many-year annual water discharge values over two periods: before 1975 and before 2017 (Table 1). The annual river runoff changes are oppositely directed (have different signs). We have assessed the runoff changes significance with the use of Student criterion. When checking we took the significance level as $2\alpha = 5\%$. For all series a hypothesis of homogeneity by this criterion is not refuted. This result is an awaited one, as all discrepancies do not exceed 10 %.

At the next stage we have compared average many-year annual runoff values and 95 % probability runoff values for river closing ranges before 1975 [7] and their ration has been determined (Table 2).

Table 1. Changes in the average long-term annual water discharge at hydrological observation points, m³/s

River –point	Average long-term annual water discharge		Change of water flow	
	before 2017	before 1975	m ³ /s	%
Akhyndzhachay–Agdam	2.65	2.94	0.29	-9.9
Dzegamchay–Agbashlar	5.12	4.92	0.20	+4.1
Shamkirchay– Galakend	2.53	2.46	0.07	+2.8
Goshgarchay–Sarkar	1.45	1.35	0.10	+7.4
Gyandzhachay–Zurnabad	4.17	4.61	0.44	-9.5
Kyurakchay–Chaykend	2.68	2.86	0.18	-6.3

After taking into account the runoff changes at the hydrological observation points (Table 1) we have determined values of average many-year runoff of river basins (Table. 3). By using these refined value of runoff and coefficients given in Table 2, the final values of 95 % probability annual runoff have been calculated (Table 3).

In PW the values of 95% probability annual runoff for 2935 are given with taking into account possible climate changes. According to forecasts the annual river runoff the region under study will decrease by 10 % by 2040 [10].

Table 2. Average many-year annual runoff and runoff of 95 % probability and their ratio (before 1975), million m³

River	Average many-year runoff, W_r	Annual runoff of 95 % probability, $W_{95\%}$	$W_r / W_{95\%}$
Indzhasu	28.4	14.3	0.50
Agstafachay	416.3	220.8	0.53
Gasansu	55.2	27.4	0.50
Akhyndzhachay	176.6	104.4	0.59
Dzegamchay	184.2	97.4	0.53
Dzhagirchay	57.1	31.4	0.55
Shamkirchay	292.7	180.1	0.61
Goshgarchay	86.4	54.6	0.63
Gyandzhachay	161.2	110.1	0.68
Kyurakchay	238.8	96.8	0.41
Geranchay	94.0	63.1	0.67
Indzhachay	49.2	30.3	0.62

Table 3. More exact values of average long-term annual runoff and runoff of 95 % probability, million m³

River	Average long-term annual runoff, W_r	Annual runoff of 95% probability, $W_{95\%}$
Indzhasu	28.4	14.3
Agstafachay	476.2	252.4
Gasansu	68.2	34.1
Akhyndzhachay	159.1	93.9
Dzegamchay	191.8	101.6
Dzhagirchay	57.1	31.4
Shamkirchay	300.9	183.5
Goshgarchay	92.8	58.5
Gyandzhachay	145.9	99.2
Kyurakchay	223.8	91.8
Geranchay	94.0	63.1
Indzhachay	49.2	30.3

Determination of environmental flow. At present in Azerbaijan there is no regulatory document to determine the rivers' environmental flow. The environmental flow values have been calculated with two methods. The first one is used mostly in projects that OAO «Melioration and water sector» implements. According to this method outcomes the rivers' annual environmental flow is 75 % of 95 % probability minimal runoff [11]. The second method also relates to the group of hydrological methods and it takes into account within-year distribution of the flow and many-year fluctuations of the monthly runoff [12,13].

The calculated values of the environmental flow and its ratio to average many-year annual runoff for rivers with hydrological observation points are given in Table 4. According to the first method, the environmental flow value is on average 20 % of the average many-year annual runoff while according to the second method the value is 34 %. Bearing in mind the

limited amount of the given region water resources, in PWs the environmental flow value has been accepted to be 20 % of average many-year annual runoff. Value of environmental flow for 2035 has been taken as equal to the value of 2018 level (20 %). It should be noted that in agreements between Azerbaijan and Russia on the transboundary Samur River waters distribution the environmental flow value has been agreed at the level of 30,5 %.

Water withdrawal for drinking water supply. Accounting of waters used for drinking water supply is carried out in compliance with the administrative areas boundaries instead of river basins. Therefore, these data have been recalculated for river basins with taking into account the settlements' location. (Table 5).

At present in the process of designing of water supply systems in the regions of Azerbaijan, the daily quota per person is 70 l/s, and it has been applied in calculation of the forecasted value of drinking water for 2035. At this, the natural population growth dynamics and the share of groundwater (40 %) used for drinking water supply have been taken into consideration.

Table 4. The values of the ecological runoff of rivers and their ratio to the long-term annual runoff

River – point	Average many-year annual water discharge, Q_r , m^3/s	Environmental flow, Q_{envir} , m^3/c		Q_{envir} / Q_{annual}	
		According to Fashchevskiy, m^3/s	According to Imanov, m^3/s	According to Fashchevskiy, %	According to Imanov, %
Akhyndzhachay–Agdam	2.65	0.25	0.56	9.4	21.1
Dzegamchay–Agbashlar	5.12	1.05	1.56	20.5	30.5
Shamkirchay–Galakend	2.53	0.69	1.04	27.3	41.1
Goshgarchay–Sarkar	1.45	0.32	0.42	22.1	29.0
Gyandzhchay–Zurnabad	4.17	1.02	1.62	24.5	38.8
Kyurakchay–Chaykend	4.07	1.14	1.68	28.0	41.3

Water intakes for irrigation. The administrative areas-based data on water intakes from the rivers for irrigation has been also recalculated for the river basins with taking into account the irrigated areas location (Table 5). One has to note that in the region under study the amount of water intakes from surface sources (371.3 million m^3) is less than that from groundwater sources (611,3 million m^3). In PW for 2035 water volume for irrigation is left at the current level. However, under the conditions of the long draught (2014–2020) demand for irrigation water might considerably increase.

According to OAO «Melioration and water sector» data, water losses in the regional irrigation systems are on the average 21%. This indicator has been accepted in PW for 2018 and 2035. However, there is an opinion that today losses in many river basins are fixed at the 30–40 % level.

Table 5 presents the plan of water allocation for the region water basins. Analysis of the plan shows that water/economic balance of the given region river basins are positive that is excessive resources of water are remaining after he use. (Table 5). Insignificant deficit of water might be expected only in the Kyurakchay River basin in 2035. The obtained results do not completely agree with the real situation in the region river basins as it is known that as a result of excessive water withdrawals for irrigation during the vegetation period the rivers dry up in the downstream. Most probably, it has been caused by the data inaccuracy, especially in respect of the water intakes for irrigation.

Table 5. Allocation plan for surface waters

River	Year	Use of surface water, million m ³						Remaining water
		Available resources	Withdrawals for drinking water supply	Withdrawals for irrigation	Water losses	Environmental flow		
Agstafachay	2018	252.4	0.00	99.3	26.4	95.2	+31.5	
	2035	227.2	0.00	99.3	26.4	95.2	+6.3	
Gasansu	2018	34.1	0.08	7.6	2.0	13.6	+10.8	
	2035	30.7	0.42	7.6	2.0	13.6	+7.1	
Akhyndzhachay	2018	93.9	0.20	23.0	6.1	31.8	+32.8	
	2035	84.5	1.25	23.0	6.1	31.8	+22.4	
Dzegamchay	2018	101.6	0.28	29.0	7.7	38.4	+26.2	
	2035	91.4	1.36	29.0	7.7	38.4	+14.9	
Dzhagirchay	2018	31.4	0.00	3.6	0.9	11.4	+15.5	
	2035	28.3	0.00	3.6	0.9	11.4	+12.4	
Shamkirchay	2018	183.5	0.93	20.1	5.5	60.2	+96.8	
	2035	165.2	7.78	20.1	5.5	60.2	+71.6	
Goshgarchay	2018	58.5	0.09	0.9	0.2	18.6	+38.7	
	2035	52.6	0.66	0.9	0.2	18.6	+32.2	
Gyandzhchay	2018	99.2	1.85	25.5	6.8	29.2	+35.8	
	2035	89.3	1.93	25.5	6.8	29.2	+25.9	
Kyurekchay	2018	91.8	1.90	28.0	7.4	44.8	+9.70	
	2035	82.6	3.78	28.0	7.4	44.8	-1.4	
Geranchay	2018	63.1	0.69	16.6	4.4	18.8	+22.6	
	2035	56.8	3.02	16.6	4.4	18.8	+14.0	
Indzhachay	2018	30.3	0.18	1.8	0.5	9.8	+18.0	
	2035	27.3	0.36	1.8	0.5	9.8	+14.8	

Usually some questions concerning initial information emerge in the process of developing of the water allocation plans. Using the made PW as a study case we can list the following factors as the main uncertainties:

- a lack of hydrological observation points at the rivers. There are no one of them at some rivers (the Akstafachay, the Dzhagirchay, and the Geranchay);
- low reliability of the data on the river water use;
- accounting of the used drinking and irrigation waters is performed by administrative areas. Recalculation of this data for particular river basin is of subjective character;
- forecasts for the irrigated areas expansion and, consequently, for the demand for irrigation water increase are not being developed;
- there is no regulatory/legal order of procedure for the rivers environmental flow estimation;
- any structures responsible for the water allocation plans application and monitoring have not been designated.

CONCLUSIONS

Analysis of the allocation plans for the river basins of the North-Eastern slope of Lesser Caucasus has shown that practically all water/economic balances both for 2018 and

2035 are positive. However, in case of continuation of the 2014–2020 extremely low-water period the situation might deteriorate. In the process of the plans of water allocation a number of technical, legislative, and managerial gaps have been revealed. Probably, implementation of the “Rules of preparation of water/economic balances for the Republic, water basins and administrative/territorial units” approved in 2019 will enable to provide development of more elaborated and detailed plans of water distribution.

Structure and methods of determination of the allocation plans components presented in this paper can be applied in development of the analog plans for other river basins of Azerbaijan.

For citation: *F.A. Imanov. Development of the Plan of Distribution of Surface Water Resources for River Basins of the North-Eastern Slope of the Lesser Caucasus // Water Sector of Russia. 2020. No. 5. P. 74–92.*

About the author:

Imanov Farda Ali ogly, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Baku State University, ul, Zakhid Khalilov, 23, Baku, AZ 1148, Azerbaijan; e-mail: farda_imanov@mail.ru

REFERENCES

1. Vodniy kodeks Respubliki Azerbaydzhan [Water Code of the Republic of Azerbaijan]. 1997.
2. *Speed, Robert; Yuanyuan, Li; Zhiwei, Zhou; Quesne, Tom Le; Pegram, Guy.* Basin Water Allocation Planning: Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning. 2013. Asian Development Bank, GIWP, UNESCO, and WWF-UK. <http://hdl.handle.net/11540/82>. License: CC BY-NC IGO 3.0. Print ISBN 978-92-3-001158-1
3. World Health Organization (WHO). 2003. The Right to Water. Health and human rights publication series no. 3. Geneva, WHO.
4. *Imanov F.A.* Vodniye resursi i ikh ispolzovaniye v transgranichnom basseyne r. Kury. [Water resources and their use in the transboundary basin of the Kura River]. SPb: Ones Own Publishing House, 2016. 164p. [In Russian].
5. Water Resource use studies in selected Transboundary tributaries (Zayamchay and Goshgarchay) in the Central Kura Pilot basin of Azerbaijan combining IWRM and WFD objectives through establishment of environmental flows and EQOs Project. European Union funded project. Final report. 2016.
6. Water Framework Directive 2000/60/EC (WFD)
7. *Rustamov S.H., Kashkay R.M.* Vodniy balans Azerbaydjanskoy SSR. [Water balance of the Azerbaijan SSR]. Baku: Publishing House Elm, 1978. 110 p. [In Russian].
8. *Imanov F.A., Alakbarov A.B., Guliyeva A.A.* Dolgosrochniy kolebaniya i otsenka nizhnego techeniya transgranichnykh rek Malogo Kavkaza [Long-term oscillations and the assessment of the downstream of transboundary rivers of the Lesser Caucasus] // Ucheniye zapiski RGGMU. Proceedings of the Russian State Hydro/meteorological University. 2015. 39. 25–33. [In Russian].
9. *Ahmedzadeh A.J., Hashimov A.J.* Ensklopediya. Meliorasiya i vodnoye khozyaystvo. [Encyclopedia. Land reclamation and water management]. Baku: Publishing house Radius, 2016. 632 p. [In Azerbaijani].
10. Azerbaijan Second National Communication to UNFCCC. Baku, 2010.
11. *Fashevskiy B.V.* Faktori i mekhanizmy ustoychivosti geosistem. [Factors and mechanisms of geo/system resilience]. Moscow: 1989. 296–305. [In Russian].
12. *Imanov F.A.* Minimalniy stok rek Kavkaza. [The minimum flow of the rivers of the Caucasus]. Baku: Publishing House Nafta-Press, 2000. 298 p. [In Russian].
13. *Imanov F.A., Radjabov R.F., Nuriyev A.A.* Metod opredeleniya ekologicheskogo stoka rek Azerbaydzhana. [A method of the Azerbaijan rivers' environmental flow determination] // Water Sector of Russia. 2017. No. 5: 90–101. [In Russian].