

Определение экологического стока реки Алиджанчай (Азербайджан)

Ф.А. Иманов¹, И.С. Алиева¹, А.А. Нуриев¹, З.А. Нагиев²

¹ Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан, fardaimanov@bsu.edu.az

² Научно-Исследовательский и Проектный институт «Суканал», ОАО «Азерсу», г. Баку, Азербайджан

Статья посвящена оценке экологического стока р. Алиджанчай, являющейся левым притоком р. Куры в Азербайджане, и на которой планируется строительство водохранилища. Значения экологического стока реки определены с применением семи методов, шесть из которых относятся к гидрологическим методам. Использован также метод, основывающийся на холистическом подходе. Полученные разными методами оценки экологического стока изменяются от 10 до 32,9 % от величины среднегоголетнего стока реки.

Ключевые слова: река Алиджанчай, годовой сток, экологический сток, гидрологический метод, холистический подход.

Determination of the ecological flow of the Alijanchay river (Azerbaijan)

F.A. Imanov¹, I.S. Aliyeva¹, A.A. Nuriyev¹, Z.A. Nagiyev²

¹ Baku State University, Baku, Azerbaijan, fardaimanov@bsu.edu.az

² "Sukanal" Scientific-Research and Design Institute, "Azersu" JSC, Baku, Azerbaijan.

Countries with limited water resources strive to increase their own "sustainable flow" resources. In this direction, an affordable and relatively cheap way is to build reservoirs. The main objective of the article is to develop recommendations for estimating the ecological flow of the Alijanchay river, a left tributary of the Kura River, downstream of the reservoir dam.

Currently, no normative document exists in Azerbaijan to determine the ecological flow of rivers. Therefore, the values of the ecological flow of the river have been calculated by different methods. Six of seven methods used are classified as hydrological methods. One method is based on the holistic approach, which, in addition to the flow data, requires data on the hydromorphology of rivers, physicochemical parameters of river waters and types of bottom fauna and water use.

The values of the ecological flow of the Alijanchay river, calculated by different methods, vary from 10.0 to 32.9 % of the annual flow volume. According to the holistic method, this figure is 27.7 %. It seems that the holistic method should be preferred when choosing the estimated value of the ecological flow of the river, since this approach has been considered the most effective over the past 40 years in international practice.

Keywords: Alijanchay River, annual flow, ecological flow, hydrological method, holistic approach.

For citation: F.A. Imanov, I.S. Aliyeva, A.A. Nuriyev, Z.A. Nagiyev. Determination of the ecological flow of the Alijanchay river (Azerbaijan). *Gidrometeorologiya i Ekologiya*. Journal of Hydrometeorology and Ecology. 2022, 66: 42—50. [In Russian]. doi: 10.33933/2713-3001-2022-66-42-50

Введение

Водные ресурсы отдельных регионов, стран и речных бассейнов оцениваются по данным о годовом речном стоке 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 паводков), и поэтому в условиях естественного режима реки, т. е. без регулирования речного стока, рациональное его использование затруднено. 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. Подземный сток рек также называют «базисным стоком» или же «устойчивым стоком» [1]. Суммарный подземный сток местных рек Азербайджана составляет 4,354 км³ (42,2 %), поверхностный сток — 5,955 км³ (57,8 %) [2]. Поверхностный сток превышает подземный сток на 15,6 %.

Страны с ограниченными водными ресурсами стремятся к увеличению собственных ресурсов «устойчивого стока». В этом направлении доступным и относительно дешевым способом является построение водохранилищ. В конце XX в. «устойчивый сток» всей суши составлял 34 % [3].

В настоящее время полный объем всех водохранилищ Азербайджана составляет 22031 млн м³. Продолжается строительство еще двух водохранилищ на трансграничной реке Аракс совместно с Ираном (Худаферинское, с полным объемом 1612 млн м³ и Гыз Галасы — 57 млн м³). Кроме того, проектируется строительство нового водохранилища на р. Алиджанчай с полным объемом в 108 млн м³.

Основная цель статьи — разработка рекомендаций по определению экологического стока р. Алиджанчай ниже плотины одноименного водохранилища. При этом величина экологического стока рассматривается как необходимая часть оставляемого в русле реки речного стока [4].

Материалы и методы исследования

В настоящей работе были использованы данные по годовому, месячному и суточному стоку р. Алиджанчай (п. Каябаши), действующего в период 1958—2013 гг. Для определения экологического стока реки использованы семь методов. Эти методы, за исключением одного, относятся к числу гидрологических методов, которые являются более простыми (необходимы только гидрологические данные) и дешевыми (полевые исследования не требуются).

Дополнительно экологический сток реки рассчитан по методу, основывающемуся на холистическом подходе [10], для применения которого, наряду со стоковыми данными, требуются также данные по гидроморфологии рек, физико-химическим параметрам речных вод, видам придонной фауны и водопользованию. Применены и данные комплексных полевых исследований, выполненных в 2019—2020 гг.

Краткое описание бассейна и режима реки Алиджанчай

Река Алиджанчай является левым притоком р. Куры (рис. 1). Исток реки находится на высоте 3500 м, а устье — 13 м. В бассейне реки сформировались следующие высотные ландшафтные пояса: равнинные и предгорные степи, горные леса, горные луга, субнивальный и нивальный пояс. Приустьевую часть бассейна р. Алиджанчай занимают равнинные полупустыни.

В равнинных частях бассейна реки развито орошаемое земледелие. По данным 2018 г. площадь орошаемых земель составляет 3483 га. Здесь в основном выращивают зерновые, кормовые и бахчевые культуры.

В бассейне р. Алиджанчай построено небольшое внеусловное ирригационное водохранилище (1,23 млн м³), а также два ирригационных водозаборных сооружения (рис. 1).

На реке в разные годы действовали четыре пункта гидрологических наблюдений (Халхал, Каябаши, Халдан и Ханабад). В настоящее время они все закрыты. Нижняя граница зоны формирования стока реки соответствует створу Чайговушан, расположенному чуть выше поста Каябаши. Здесь на реке планируется строительство водохранилища. Необходимые для этого проекта гидрологические



Рис. 1. Бассейн р. Алиджанчай.

Fig. 1. Alijanchay river basin.

расчеты были выполнены на основе данных поста Каябаши (площадь водосбора 708 км² и его средняя высота 990 м). В этом пункте наблюдения средний многолетний годовой расход воды реки составляет 5,52 м³/с, максимальный расход воды — 146 м³/с (7 июня 1963 г.), а минимальный расход воды — 0,12 м³/с (5 сентября 1966 г.). Доля подземных вод в годовом стоке реки Алиджанчай в створе Каябаши составляет 43 % [2].

Обсуждение результатов

В Азербайджане отсутствует нормативный документ по определению экологического стока рек. Поэтому значения экологического стока рек рассчитаны различными методами [4].

1. Метод Монтана. В более чем 25 странах Европы для количественной оценки экологического стока рек широко используется метод Монтана. Расчеты производятся для водохозяйственного года. Оценка экологического состояния реки этим методом выполняется согласно данным табл. 1, в которой приведены градиентные показатели для критерия оценки.

Чтобы экологическое состояние реки можно было считать удовлетворительным, необходимо с октября по март в реке оставлять 7,53 млн м³ воды, а с апреля по сентябрь — 29,48 млн. м³. В этом случае годовой экологический сток будет равен 37 млн м³ (табл. 2). Таким образом, годовой экологический сток реки составляет 21,2 % от среднегодового стока (174 млн м³).

2. Метод 7Q10 — используется Службой рыболовства и дикой природы США, а также в штате Массачуссет. В Канаде применяется вариант 7Q20, в Великобритании вариант 7Q1. По этой методике строится аналитическая кривая обеспеченностей минимальных 7-суточных расходов воды, и по ней определяется расход воды, который повторяется один раз в 10 лет (обеспеченность $P = 90$ %). Это значение расхода воды (7Q10) принимается равной значению экологического стока [5].

Для р. Алиджанчай (п. Каябаши) применен вариант 30Q10 метода 7Q10. Статистические параметры минимальных месячных расходов воды рассчитывались

Таблица 1

Оценка экологического состояния рек по методу Монтана

Assessment of the ecological condition of the river according to the method of Montana

Экологическое состояние реки	Величины стока	
	за октябрь—март, %	за апрель—сентябрь, %
Максимум	200	200
Оптимально	60—100	60—100
Превосходно	40	60
Отлично	30	50
Хорошо	20	40
Удовлетворительно	10	30
Плохо или минимум	10	10
Резкая деградация	< 10	< 10

Экологический сток р. Алиджанчай (по методу Монтана)
 Estimation of ecological flow of R. Alijanchay, calculated by the method of Montana

Экологическое состояние реки	По методу Монтана, %	Экологический сток		По методу Монтана, %	Экологический сток	
		м ³ /с	млн м ³		м ³ /с	млн м ³
		октябрь—март			апрель—сентябрь	
Максимум	200	9,60	150,69	200	12,44	196,50
Оптимально	60—100	2,88	45,21—75,35	60—100	3,73—6,22	58,95—98,28
Превосходно	40	1,92	30,14	60	3,73	58,95
Отлично	30	1,44	22,60	50	3,11	49,13
Хорошо	20	0,96	15,07	40	2,49	39,30
Удовлетворительно	10	0,48	7,53	30	1,87	29,48
Плохо или минимум	10	0,48	7,53	10	0,62	9,83
Резкая деградация	< 10	< 0,48	< 7,53	< 10	< 0,62	< 9,83

по методу моментов: $Q = 3,52$ м³/с; $C_v = 0,56$; $C_s = 0,80$ и $C_s/C_v = 1,4$. Для сглаживания эмпирической кривой обеспеченностей минимального стока использовано трехпараметрическое гамма-распределение Крицкого—Менкеля.

Значение минимального расхода воды 90%-ной обеспеченности составляет $30Q_{10} = 1,26$ м³/с, а соответствующая этому расходу воды величина экологического стока — 39,7 млн м³ или 22,8 % от среднегодового стока реки.

3. Метод Q95 %, предусматривает построение кривой продолжительности стояния суточного расхода воды [6]. По этой кривой определяется расход воды 95%-ной обеспеченности, который принимается в качестве величины экологического стока. Для анализируемой реки подобная кривая была построена с учетом наблюдаемого абсолютного минимума расхода воды (рис. 2).

В результате расчетов было определено, что $Q_{95} \% = 1,11$ м³/с. Объем экологического стока составляет 35,0 млн м³ (20,1 %).

4. Метод Фащевского. По этому методу для определения экологического стока рек, со среднегодовым расходом воды более 1 м³/с принимается 75 % от объема минимального месячного стока 95%-ной обеспеченности [6]. Установлено, что величина экологического стока р. Алиджанчай составляет 17,3 млн м³ (10 %).

5. Метод Иманова. Данный метод относится к группе гидрологических методов и позволяет построить гидрографы экологического стока по среднемесячным расходам воды [7, 8].

Расчеты проводились в двух вариантах:

- использовались среднемесячные расходы воды за все годы наблюдения;
- использовались среднемесячные расходы воды только самого маловодного года.

Среднемесячные значения экологического стока, рассчитанные для обоих вариантов, приведены в табл. 3.

По первому варианту объем экологического стока составляет 37,2 млн м³ (21,5 %), по второму — 57,0 млн м³ (32,9 %).

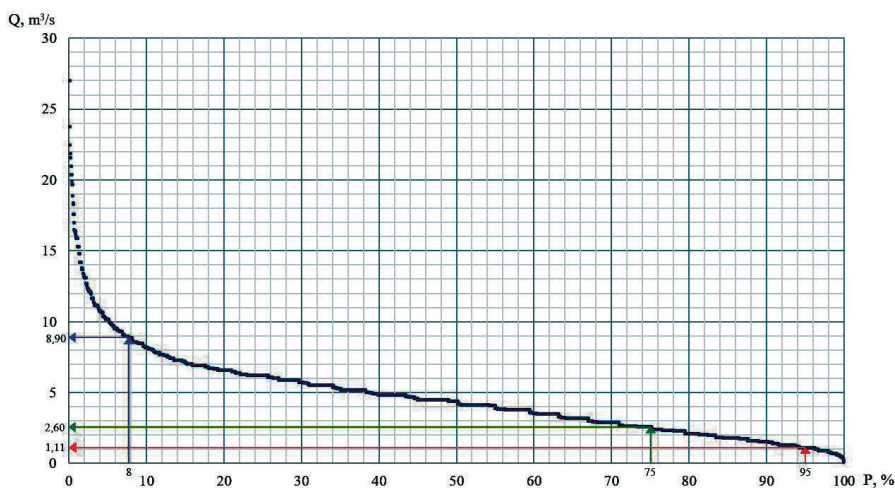


Рис. 2. Кривая продолжительности стояния суточных расходов воды.

Fig. 2. Duration curve of daily water discharges.

Таблица 3

Среднемесячные значения экологического стока
Average monthly values of ecological flow

Варианты	Среднемесячные значения экологического стока, м³/с											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-й	1,32	1,10	1,42	0,86	1,90	1,15	0,59	0,59	0,86	1,58	1,64	1,15
2-й (1961 г.)	2,38	2,30	2,58	2,86	2,19	1,15	0,59	0,88	0,95	1,90	2,18	1,79

6. Гидрологический метод Кура I. Этот метод был разработан в рамках первой фазы регионального проекта Кура I, поддерживаемого Программой развития Организации Объединенных Наций и Глобальным экологическим фондом (ПРООН-ГЭФ). Для применения этого метода необходимы данные гидрологических наблюдений не менее 15 лет. Сначала рассчитывается среднее значение ряда минимального декадного стока, а затем определяется отношение (в процентах) этой величины к минимальному среднемесячному стоку. Полученное отношение принимается одинаково для всех календарных месяцев.

Среднемесячные значения экологического стока, рассчитанные по данному методу, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Среднемесячные значения экологического стока (метод Кура I)
Average monthly values of ecological flow

Среднемесячные значения экологического стока, м³/с											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,71	0,58	0,87	0,93	1,31	1,04	1,01	1,18	1,61	1,02	1,07	0,56

Согласно этому методу объем экологического стока составляет 32,4 млн м³ (18,6 %).

7. Холистический метод Кура II. Этот метод был разработан в рамках второй фазы регионального проекта Кура II, поддерживаемого ПРООН-ГЭФ. Согласно этому методу, режим экологического стока включает три экологически и социально значимых компонента речного стока:

1. Величина стока для выживания донной фауны. Она соответствует наименьшим наблюдаемым расходом воды в маловодные периоды года.

2. Величина низкого стока необходима для поддержания индикаторных видов и стадий их жизни, экологических процессов, а также важных социальных и культурных объектов. Продолжительность периода низкого стока обычно составляет от одного до шести месяцев, при этом обеспечивается непрерывный сток в течение года.

3. Оценки максимальных расходов воды, продолжительность стояния которых составляет не менее 5 дней. Эти расходы воды предназначены для поддержания морфологии русла и экосистемы речной поймы.

В качестве составляющих экологического стока рек были приняты следующие значения суточных расходов воды:

- объем стока, обеспечивающий жизнь донной фауны — $Q_{95\%}$ или Q_{350} (суточные расходы воды продолжительностью стояния 350 дней);
- величина низкого стока — $Q_{75\%}$ или Q_{270} ;
- максимальные расходы воды продолжительностью стояния не менее 5 дней — $Q_{8\%}$ или Q_{30} .

Указанные компоненты для р. Алиджанчай (п. Каябаши) составляют соответственно 1,11; 2,60 и 8,90 м³/с (рис. 2), а годовой объем экологического стока, рассчитанный с учетом этих значений — 48,2 млн м³ (27,7 %) (табл. 5).

Значения экологического стока р. Алиджанчай, рассчитанные разными методами, и их отношения к среднегодовому годовому стоку приведены в табл. 5. Полученные величины экологического стока рек изменяются от 10,0 до 32,9 % от величины среднегодового стока. Следует отметить, что в соглашении между Россией и Азербайджаном о распределении трансграничных вод р. Самур величина экологического стока была согласована на уровне 30,5 % [9].

Таблица 5

Значения экологического стока реки, рассчитанные различными методами

The value of the ecological flow of the river, calculated by different methods

Метод	Объем экологического стока, млн м ³	%	
Метод Монтана	37,0	21,2	
Метод 7Q10	39,7	22,8	
Метод Q95 %	35,0	20,1	
Метод Фащевского	17,3	10,0	
Метод Иманова	По 1-ому варианту	37,2	21,5
	По 2-ому варианту	57,0	32,9
Метод Кура I	32,4	18,6	
Метод Кура II	48,2	27,7	

Выводы

Значения экологического стока р. Алиджанчай, рассчитанные гидрологическими методами, изменяются от 10,0 до 32,9 % в зависимости от величины среднесуточного стока. По использованному холистическому методу эта цифра составляет 27,7 %. Представляется, что при выборе расчетного значения экологического стока рассмотренной реки, предпочтение следует отдавать холистическому методу, так как в течение последних 40 лет в международной практике такой подход считается наиболее эффективным [10].

Список литературы

1. Барабанова Е.А. Глобально-региональные особенности регулирования стока рек под влиянием водохранилищ (по косвенным методам) // Вопросы географии. 2012. С. 297—311.
2. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водный баланс Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1978. 110 с.
3. Авакян А.Б. Водохранилища — новые географические объекты XX века // Труды Академии водохозяйственных наук. 1998. Вып. 5. С. 6—15.
4. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive // European Commission Guidance Document. 2015. № 31.
5. Ozdemir A. D., Karaca O., Erkus M. K. Low flow calculation to maintain ecological balance in streams // River basin management: International Congress. Turkey, Antalya, 2007. Vol. 1. P. 402—412.
6. Фащевский Б.В. Основы экологической гидрологии. Минск: Эковест, 1996. 240 с.
7. Иманов Ф.А. Минимальный сток рек Кавказа. Баку: Нафта-пресс, 2000. 298 с.
8. Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф., Нуриев А.А. Метод определения экологического стока рек Азербайджана // Водное хозяйство России. 2017. № 5. С. 90—101.
9. Справка о результатах проработок по установлению экологического попуска по реке Самур // Западно-Каспийское бассейновое водное управление. Министерство Природных ресурсов РФ. Махачкала, 2001. 4 с.
10. USAID 2017. The assessment of environmental flow for the rivers and streams of Georgia. Usaid governing for growth (g4g) in Georgia. Contract number: aid-114-c-14-00007.

References

1. Barabanova E.A. Global-regional peculiarities of stream regulation under the influence of reservoirs (by indirect methods). *Voprosi geografii*. Questions of geography. 2012: 297—311. [In Russian].
2. Rustamov S.G., Kashkai R.M. *Vodnyy balans Azerbaydzhanskoy SSR*. Water balance of the Azerbaijan SSR. Baku: Elm, 1978: 110 p. [In Russian].
3. Avakyan A.B. Reservoir — new geographical objects of the XX century. *Trudi Akademii vodokhozyaystvennikh nauk*. Proceedings of the Academy of Water Science. 1998, 5: 6—15. [In Russian].
4. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. European Commission Guidance Document. 2015, 31.
5. Ozdemir A. D., Karaca O., Erkus M. K. Low flow calculation to maintain ecological balance in streams. River basin management: International Congress. Turkey, Antalya, 2007, 1: 402—412.
6. Fashevskiy B.V. *Osnovy ekologicheskoy gidrologii*. Fundamentals of ecological hydrology. Minsk: Ecoinvest. 1996: 240 p. [in Russian].
7. Imanov F.A. *Minimal'nyy stok rek Kavkaza*. Minimal flow of the Caucasus. Baku: Publishing House Nafta-Press, 2000: 298 p. [in Russian].
8. Imanov F.A., Rajabov R.F., Nuriyev A.A. Method of determination of ecological stock of the river of Azerbaijan. *Vodnoe khozyaystvo Rossii*. Water industry in Russia. 2017. 5: 90—101. [In Russian].
9. Information on the results of studies to establish an ecological release on the Samur River. *Zapadno-Kaspiyskoe basseynovoe vodnoe upravlenie. Ministerstvo Prirodnix resursov RF*. West Caspian Basin Water Administration. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Makhachkala, 2001: 4 p. [In Russian].

10. USAID 2017. The assessment of environmental flow for the rivers and streams of Georgia. Usaid governing for growth (g4g) in Georgia. Contract number: aid-114-c-14-00007.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 07.01.2022

Принята в печать 22.02.2022

Сведения об авторах

Иманов Фарда Али оглы — д-р геогр. наук, профессор, проректор по организации учебного процесса и технологиям обучения, Бакинский Государственный Университет.

Алиева Ирада Сабир гызы — канд. геогр. наук, доцент кафедры гидрометеорологии, Бакинский Государственный Университет.

Нурйев Анар Атахан оглы — преподаватель кафедры гидрометеорологии, Бакинский Государственный Университет.

Нагиев Захид Аббасгулу оглы — начальник отдела водоснабжения, канализации и гидротехнических сооружений, Научно-исследовательский и проектный институт «Суканал», ОАО «Азерсу».

Information about the authors

Imanov Farda Ali — Grand PhD (Geogr. Sci.), Professor, Vice-rector on educational process and teaching technologies, Baku State University

Aliyeva Irada Sabir — PhD (Geogr. Sci.), Associate Professor of the Department of Hydrometeorology, Baku State University

Nuriyev Anar Atakhan — Lecturer of the Department of Hydrometeorology, Baku State University.

Nagiyev Zahid Abbasgulu — Head of Department of water supply, sewerage system and hydraulic engineering constructions, “Sukanal” Scientific-Research and Design Institute, “Azersu” JSC.