

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК ТЕРРИТОРИИ Г. АЛМАТЫ

А.Г. Чигринец¹ к.г.н., К.К. Дускаев¹ к.т.н., А.А. Сатмурзаев¹, А.Е. Инсигенова¹,
Ж.Т. Салаватова¹

¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
E-mail: ch.al.georg@mail.ru, kduskaev@gmail.com, s_ahmetzhan@mail.ru,
insigenova.aiym@gmail.com, salavatova.07@gmail.com

Статья посвящена исследованию стока рек мегаполиса Алматы. Малые реки г. Алматы с каждым годом привлекают к себе всё большее внимание, так как их водные ресурсы широко используются для хозяйственно-питьевых нужд, орошения, в энергетике, и для других целей. От их водности зависит здоровье и благополучие населения.

В статье подробно анализируются условия формирования стока воды рек, пересекающих урбанизированную территорию г. Алматы, климатические характеристики, влияющие на сток. Дается описание методики и результаты расчёта характеристик среднегодового стока воды и внутригодового распределения стока. Оцениваются изменения характеристик стока рек, обусловленные климатическими факторами последних десятилетий.

Ключевые слова: гидрографическая сеть, урбанизированная территория, жидкий сток рек, норма стока, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, внутригодовое распределение стока, антропогенное влияние, тренды стока

Поступила 25.09.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-102-3-44-62

ВВЕДЕНИЕ

Оценка влияния природных и антропогенных факторов на формирование стока рек урбанизированных территорий – одна из сложных, важных и весьма актуальных проблем, решение которой имеет большое научное, социальное и прикладное значение.

Процессы климатических изменений и урбанизации территорий водосборов, как правило, обостряют проблему рационального и комплексного использования водных ресурсов. В свою очередь, водные ресурсы оказывают огромное влияние на особенности урбанизации и вместе с тем они испытывают часто обратное негативное её воздействие. Следует отметить, что климатические условия формирования стока рек претерпевают изменения. Меняется и внутригодовое распределение стока, оказывающего влияние на рациональное использование водных ресурсов.

Процессы эти происходят более сложно, когда территория города охватывает несколько природных зон, как это имеет место в г. Алматы.

Исследования характеристик стока проведены на примере четырех речных бассейнов северного склона Илейского Алатау, охваченных антропогенным влиянием крупнейшего города Республики Казахстан – г. Алматы.

Методика исследований основана на географо-гидрологическом методе. При уточнении существующих и разработке новых расчетных методов применялись приемы физического и математического моделирования, методы гидрологической аналогии, интерполяции, экстраполяции, математической статистики.

При выполнении исследований были использованы данные о стоке воды по 2017 год включительно, взятые из гидрологических ежегодников и кадастровых изданий для замыкающих створов рек.

Илейский Алатау расположен глубоко внутри Евразийского материка на юго-востоке Республики Казахстан. Северный склон Илейского Алатау, на котором расположен г. Алматы, включает территорию от западного водораздела р. Узынкаргалы на западе до водораздела с р. Шилик на востоке. Реки рассматриваемого района относятся к бассейну р. Иле, которая впадает в озеро Балкаш. Город Алматы расположен у подножья северного склона хребта Илейский Алатау. Город расположен на конусах выноса древних и молодых отложений рек Киши и Улькен Алматы, Каргалы, Аксай и их притоков. Это крупный научный, культурный, финансовый и производственный центр, ядро Алматинской агломерации.

Характерными чертами климата данной территории являются континентальность, изменение его характеристик с высотой местности. Характерны теплое, а для низкогорной и предгорно-равнинной зон – жаркое лето, мягкая с чередованием оттепелей и похолоданий зима, большие суточные и годовые амплитуды колебаний температуры воздуха, значительная сухость воздуха, увеличение прозрачности атмосферы и солнечной радиации с поднятием вверх в горы. Основными климатическими характеристиками, оказывающими влияние на формирование стока воды рек являются солнечная радиация, температура воздуха, атмосферные осадки, снежный покров и др.

Общая климатическая характеристика. Климат в городе – резко-континентальный [1, 11] со значительными колебаниями в температуре не только между сезонами, но и между временами суток, характеризуется влиянием ярко выраженной горно-долинной циркуляции и высотной поясности, что особенно проявляется в северной части города, расположенной непосредственно в зоне перехода горных склонов к равнине.

Радиационный баланс. Величины радиационного теплоприхода в горах меняются по территории весьма существенно и зависят от многих факторов: от высоты местности, прозрачности атмосферы, от изменения облачности, экспозиции местности, закрытости горизонта и других факторов.

По данным [34], суммарный приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность в районе г. Алматы равен $160,7 \text{ Вт/м}^2$ в год, из

них на прямую радиацию приходится 59 % теплоприхода за ноябрь-апрель или около 31 % от годового значения. Доля прямой радиации в зимнее время – 46 %. По данным [30], с ростом высоты местности увеличивается приход радиационного тепла и доля прямой солнечной радиации. В зимние месяцы месячные суммы радиационного баланса значительно варьируют в зависимости от наличия или отсутствия снежного покрова [11].

Температура воздуха. Основной закономерностью изменения температуры воздуха в рассматриваемом регионе является уменьшение ее значений с высотой местности, а также наличие температурной инверсии в зимнее время до высоты 1400...1700 м. Это явление связано со стремлением холодного воздуха занять самые низкие участки земной поверхности.

Континентальный климат г. Алматы обуславливает значительную амплитуду колебаний температуры воздуха. Амплитуда среднемесячных значений температуры по МС Алматы ГМО составляет $40 \text{ }^\circ\text{C}$, абсолютных значений $82 \text{ }^\circ\text{C}$. Большую климатообразующую роль в формировании термического режима г. Алматы играет рельеф. Учитывая влияние горно-долинной циркуляции и трансформацию солнечного тепла, можно отметить уменьшение континентальности климата южных (предгорных) районов города по сравнению с северными. Среднегодовая среднемноголетняя температура воздуха по мере поднятия вверх по северному склону Илейского Алатау постепенно понижается, переходя в отрицательную в высокогорных районах. Так, на метеостанции Мынжилки она равна минус $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ [12]. Климат города Алматы мягче за счёт относительно высоких температур в зимний период. Средняя многолетняя температура воздуха равна $+9 \text{ }^\circ\text{C}$ (по МС ОГМС г. Алматы) [1].

Среднегодовая среднемноголетняя температура воздуха в г. Алматы $9 \text{ }^\circ\text{C}$. Средний месячный ($29,8 \text{ }^\circ\text{C}$) и абсолютный ($43,0 \text{ }^\circ\text{C}$) максимумы температуры воздуха наблюдаются в июле. В предгорьях эти показатели ниже. В годовом ходе минимум температуры воздуха наблюдается в январе (минус $6,5 \text{ }^\circ\text{C}$), тогда как абсолютный минимум (минус $38 \text{ }^\circ\text{C}$) приходится на февраль. В предгорьях минимальные температуры выше, чем в городе. В настоящее время климат города приобрел черты субтропического: лето душное с ливневыми дождями, грозами и штормовыми

ветрами. Зима теплая с обильным мокрым снегопадом.

Атмосферные осадки. Илейский Алатау имеет благоприятное расположение по отношению к вторжениям северных и северо-западных влагоносных воздушных масс.

Наиболее четко выраженной закономерностью является увеличение осадков с ростом высоты местности, которое объясняется обострением атмосферных фронтов вблизи гор, образованием конвективной облачности в теплый период года, а также орографическим восхождением влагоносных воздушных масс [15, 31, 33]. Они изменяются в бассейне р. Киши Алматы от 616 мм на высоте 847 м (Алматы, ГМО) до 1200 мм на высоте 3500...3600 м абс. [15, 31, 33], а далее с увеличением абсолютной высоты – убывают.

Годовые суммы осадков в г. Алматы и предгорьях соответствуют зоне достаточного увлажнения, но своеобразие годового их распределения и высокий температурный фон теплого периода создают здесь условия засушливости [11].

Снежный покров. Высота и плотность снежного покрова, запас воды в снеге, а также продолжительность его залегания являются основными фактором эрозии от талого стока, так как в период снеготаяния и обилия воды смытые твердые частицы и загрязняющие вещества, накопившиеся за зимний период в снежном покрове, доходят до русла в большом количестве, повышая величину мутности и показатели фонового загрязнения реки. Решающее влияние на режим снежного покрова оказывают высота местности, экспозиция склонов и вид деятельной поверхности.

Увеличение высоты места над уровнем моря внутри города с севера на юг оказывает влияние на распределение во времени и характер залегания снежного покрова в Алматы.

Высота снежного покрова на равнине и в предгорье изменяется в пределах от 10 до 30 см, при максимальных значениях 40...60 см. На высоте 3017 м она достигает значений, порядка 90 см, а в гляциальной зоне – еще больше.

Для Алматы не являются редкостью поздние майские снегопады и резкие, но кратковременные похолодания.

Снегозапасы также увеличиваются с высотой местности и с переходом от южной экспози-

ции к северной. Максимальные снегозапасы на высоте 456 м (Иле, ж.д. ст.) составляют 78 мм, на высотах около 1000 м – от 50 до 100 мм, на высотах около 3000 м – от 260 до 270 мм, а на высотах свыше 3600 м – от 500 до 700 мм [32]. Наибольшие снегозапасы приходятся на центральную часть хребта (басс. рр. Киши Алматы и Талгар).

Среднегодовое количество осадков и изменчивость годового стока воды рек г. Алматы. Жидкий сток рек Илейского Алатау впервые стал изучаться в начале XX века. Первые гидрологические посты были открыты на р. Есик (5 км ниже оз. Есик) – в 1915 г. и на р. Киши Алматы (г. Алматы) – в 1916 г. Систематическое изучение стока воды рек и других гидрологических характеристик было начато позднее, в 30...40 гг. XX века.

Изучением стока воды рек и временных водотоков занимались различные учреждения и ведомства, но наиболее регулярными и качественными наблюдениями характеризуются гидропосты РГП "Казгидромет".

Для создания исходной базы данных использовались кадастровые материалы [7...9, 17, 24...27]. Для данного исследования были собраны данные о жидком стоке по 20 гидрологическим постам на реках Илейского Алатау, относящихся к территории г. Алматы.

Расчет среднегодовых характеристик годового стока воды рек и его изменчивости. Характеристики годового стока воды рек данного района впервые были обобщены Б.Д. Зайковым [10]. В последующем норма годового стока рек района для различных целей в зоне формирования стока определялась В.Л. Шульцем [38], З.Т. Беркалиевым [3], П.Ф. Лаврентьевым, В.В. Голубцовым, Е.Г. Юриной [13], И.С. Соседовым [31], Л.П. Мазур [14, 16], Л.Ю. Чигринцем [36], А.Г. Чигринцем [21, 35] и др.

Норма годового стока, выраженная расходом воды, определена нами для 20 пунктов, имеющих ряды наблюдений. Анализ разностных интегральных кривых годового стока, построенных по опорным постам, свидетельствует о том, что вследствие имеющейся асинхронности колебаний среднегодовых расходов по различным постам, общим расчетным репрезентативным периодом может быть период с 1940 по 2017 гг., так как внутри этого периода по разным рекам во многих случаях наблюдается асинхронность

колебаний стока. Поэтому более короткие репрезентативные периоды могут для разных рек не совпадать, как по длительности, так и по хронологии.

При расчете нормы и изменчивости годового стока были проанализированы все имеющиеся ряды наблюдений за стоком воды, произведено восстановление многих пропусков наблюдений, ряды проверены на однородность и внутреннюю корреляцию смежных членов ряда. В ряде случаев ряды наблюдений дополнены до репрезентативных периодов, продолжительность которых определялась по разностным интегральным кривым рек-аналогов. Однородность рядов годового стока преимущественно оценивалась построением интегральных кривых годового стока.

Кроме того, анализ однородности рядов годового стока воды рек был произведен с помощью параметрических критериев Фишера, Стьюдента и непараметрических критериев Вилкоксона. Выявлено, что ряды в большинстве случаев являются однородными.

Имеющиеся пропуски в рядах наблюдений годового стока восстановлены.

Для восстановления пропусков в рядах наблюдений и при продлении рядов в различных случаях использованы следующие методы:

- построение графиков связи смежных среднемесячных расходов воды по одному и тому же гидрологическому посту;
- построение графиков связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов воды по одному и тому же гидрологическому посту;
- построение связей среднегодовых и средних за вегетационный период расходов воды рассматриваемого пункта и пункта-аналога.

Для каждого исследуемого гидрологического поста было апробировано несколько способов восстановления пропусков наблюдений и принят наиболее эффективный.

В результате восстановления данных наблюдений продолжительность рядов по многим гидрологическим постам увеличилась.

При выборе аналогов для расчета нормы стока и оценке погрешностей её определения учитывались общепринятые рекомендации, изложенные в [4, 6, 18...20, 22, 28...29], а также рекомендации Л.П. Мазур, Р.И. Гальперина по рассматриваемому району [4, 23].

К сожалению, в отдельных редких случаях, принимался более низкий коэффициент корреляции (до 0,6), так как для горных рек исследуемого района характерны свои особенности формирования жидкого стока, значительно отличающиеся даже от рядом расположенных речных бассейнов. Вследствие этого возникали большие трудности при подборе реки-аналога. В качестве аналогов принимались гидрологические посты с длительными и надежными рядами наблюдений. По данным [4, 23], поправки на смещённость при определении основных статистических параметров (C_v , C_s , нормы стока) можно не вводить, так как коэффициенты автокорреляции смежных членов рядов годового стока в среднем для района Илейского Алатау около 0,2.

Определение нормы стока рек производилось параллельно методами: моментов, графоаналитическим, а в некоторых случаях для расчетов приняты эмпирические кривые годового стока.

Наибольшие ошибки в вычислении среднегодовых значений годового стока относятся к пунктам наблюдений, фиксирующим сток рек, искаженный неучтенными водозаборами и сбросами, что более характерно для предгорно-равнинной зоны. Следует отметить, что такие гидрологические посты, также как и посты на протоках рек, сток которых регулируется гидротехническими сооружениями, часто дают сведения лишь о проходящих среднегодовых расходах, а не о норме стока, которая формируется природными закономерностями. В связи с этим был восстановлен естественный сток по основным рекам района исследования.

Построение кривых обеспеченности производилось с помощью программы Easy Line, разработанной к.г.н., доцентом Л.Ю. Чигринцев для биномиальной кривой распределения Пирсона III типа [37].

Вторым параметром, необходимым для оценки характеристик стока различной обеспеченности, является коэффициент вариации годового стока. Погрешность расчёта коэффициента вариации годового стока в соответствии с требованиями нормативных документов [19], не должна превышать 15 %. Коэффициенты вариации годового стока воды рек исследуемой территории рассчитаны по 20 гидрометрическим створам. Получены значения коэффици-

ента вариации (C_v) за весь расчетный период (1940...2017 гг.).

Для исследуемых гидрологических постов средняя ошибка вычисления нормы стока составила $\pm 3,15 \%$, крайние значения: $\pm 5,79 \%$ (р. Левый Шыбынсай – устье) и $\pm 1,67 \%$ (р. Шыбынсай (Прав. Чабын-Сай, Чабынсай, Шыбынсай) – в 2 км выше устья).

Средняя ошибка коэффициента вариации составила $\pm 2,46 \%$, а крайние значения: $\pm 5,03 \%$ (р. Левый Шыбынсай-устье) и $\pm 1,00 \%$ (р. Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная). Результаты расчета ошибки вычисления нормы стока и коэффициента вариации по рассматриваемым гидрологическим створам приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние квадратические ошибки вычисления нормы стока и коэффициента вариации по рассматриваемым гидрологическим створам за расчетный период 1940...2017

№ поста	Река-пункт	Q_0 , м ³ /с	σ_0 , %	C_v	σ_{C_v} , %
1	Аксай – кордон Аксайский верхний (Аксайское ущелье)	2,29	1,69	0,14	1,22
2	ручей Тастыбулак – с. Аксай	0,048	3,39	0,30	2,60
3	ручей Ойжайлау – с. Каменка	0,037	3,59	0,32	2,78
4	ручей Каргалы (Кукузек, Кокозек, Каргалы-Булак, Каргалинка) – клх им. Чапаева	0,66	2,92	0,26	2,20
5	Улькен Алматы – в 2 км выше оз. Улькен Алматы	1,77	2,68	0,24	2,00
6	Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная	3,03	1,39	0,12	1,00
7	Проходная – устье (Лесной кордон)	1,55	1,93	0,17	1,40
8	Терисбутак – устье (г. Алма-Ата)	0,43	4,09	0,35	3,24
9	Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай	1,35	1,85	0,17	1,34
10	Киши Алматы – г. Алматы	2,28	1,80	0,17	1,30
11	Сарысай – устье	0,17	2,73	0,24	2,04
12	Руч. Куйгенсай – турбаза «Горельник» (устье)	0,21	3,03	0,26	2,29
13	Кимасар – устье	0,12	3,37	0,30	2,58
14	)*Левый Ортасай – устье	5,83	3,31	0,29	2,53
15	)*Правый Ортасай – устье	3,99	3,91	0,34	3,08
16	Бутак – с. Бутак	0,23	3,92	0,34	3,08
17	Бутак – устье	0,26	4,69	0,41	3,83
18	)*Шыбынсай (Прав. Чабын-Сай, Чабынсай, Шыбынсай) – в 2 км выше устья	2,3	1,67	0,15	1,21
19	)*Шыбынсай – устье р.Левый Шыбынсай	4,8	5,17	0,46	4,35
20	)*Левый Шыбынсай – устье	1,63	5,79	0,50	5,03
	Среднее значение		$\pm 3,15$		$\pm 2,46$

Примечание:)* – расходы приведены в л/с

Таким образом, были получены ряды стока воды рек за репрезентативный период с 1940 по 2017 годы.

Рассчитанные величины среднего многолетнего годового стока различной обеспеченности по опорным пунктам исследуемого района приведены в таблице 2.

Изменение нормы годового стока исследуемых рек по сравнению с данными, приведенными в «Ресурсах поверхностных вод» [24], показало незначительное увеличение стока на 4,6 % по р. Бутак – мкр. Бутак, Каменское Плато, на 2,9 % по р. Улькен Алматы – в 2 км выше оз. Улькен Алматы и значительное снижение стока на 42 % по руч. Шыбынсай (Прав. Чабын-Сай, Чабынсай, Шибынсай) – в 2 км выше устья, на 30 % руч. Куйгенсай – турбаза «Горельник» (устье) в среднем по рассматриваемым рекам составив $\pm 9,0$ %.

Внутригодовое распределение стока.

Одной из важнейших задач, решение которой необходимо для рационального и комплексного использования водных ресурсов различными отраслями экономики, является исследование закономерностей внутригодового распределения стока рек.

Основные параметры водохозяйственных сооружений, и, следовательно, экономическую эффективность водохозяйственных мероприятий и объектов определяет, прежде всего, внутригодовой режим стока рек. Это связано с тем, что внутригодовое распределение стока от года к году постоянно изменяется в связи с различиями в величинах расхода воды в одинаковые фазы водного режима (низкая межень, пики половодья, паводки и т.п.) и из-за сдвига дат наступления однозначных фаз режима в различные по водности годы.

На внутригодовое распределение стока воды рек прежде всего оказывает влияние и ряд таких факторов, как климатические условия, рельеф местности, тип питания рек, гидрогеология и т.д. В горных районах, которые имеются в пределах исследуемой территории, особенно большое влияние оказывает рельеф. Он определяет условия доступности речных бассейнов влажным воздушным массам для их увлажнения, величину и распределение

атмосферных осадков. При этом вертикальная поясность горного рельефа – один из основных факторов внутригодового распределения речного стока.

Для расчета внутригодового распределения к настоящему времени имеется достаточно много методов.

Наиболее известны следующие группы методов.

1) Среднеарифметического (фиктивного) гидрографа.

2) Гидрографа реального характерного года.

3) Равнообеспеченного гидрографа.

4) Применение специальных показателей расчета внутригодового распределения стока.

5) Использование кривых продолжительности суточных расходов для описания внутригодового распределения стока.

6) Метод компоновки.

В последние годы в практике гидрологических расчетов получил наибольшее распространение метод компоновки. Впервые метод компоновки был разработан Г.И. Швецом, а В.Г. Андреянов [2] усовершенствовал метод и разработал метод расчета внутригодового распределения стока, который пригоден для любых задач проектирования и любых физико-географических условий, при любых типах внутригодового режима.

В этом методе принимается одинаковая обеспеченность стока за год, за лимитирующий период года и внутри последнего – за лимитирующий сезон. Обеспеченность принимается заданной.

Расчет внутригодового распределения производится для нескольких градаций водности. Раздельно рассматривается посезонное и внутрисезонное распределение стока. Лимитирующий период и сезон выбираются в зависимости от преобладающего вида хозяйственного использования. Поэтому эта методика была принята нами для расчета внутригодового распределения стока рек территории г. Алматы.

Результаты расчета внутригодового распределения стока по месяцам методом компоновки (Андреянова В.Г.) представлены в таблице 3.

Таблица 2

Средний многолетний годовой сток воды и сток различной обеспеченности рек территории
г. Алматы

Река - пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет наблюдений	Средн. расход за период наблюдений, м ³ /с	Средн. расход за много-летний период, м ³ /с (1940...2017 гг.)	Принятые значения		Расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с							
	площадь, км ²	средняя					Cv	Cs	10%	25%	50%	75%	90%	95%	97%	
Аксай – кордон Аксайский верхний (Аксайское ущелье)	136	2890	1928...31, 1960...61, 1963...88	32	2,28	2,29	0,14	0,059	2,71	2,50	2,27	2,07	1,89	1,80	1,73	
ручей Тастыбулак - с. Аксай	10,9	1840	1941, 1943...61, 1963...85	42	0,049	0,048	0,30	3,01	0,067	0,057	0,047	0,038	0,031	0,027	0,025	
ручей Ойжайлау (Ой-Джайлау, Ой-Жайлау) – с. Каменка	9,97	1620	1941...85	45	0,037	0,037	0,32	1,99	0,053	0,044	0,036	0,028	0,023	0,020	0,018	
ручей Каргалы – с. Чапаева	44,9	2770	1938...41, 1944...61, 1963...83	43	0,61	0,66	0,25	0,50	0,88	0,77	0,65	0,54	0,46	0,42	0,39	
Улькен Алматы - в 2 км выше оз. Улькен Алматы	71,8	3590	1929, 1952...93, 1995, 1997, 2000...2017	67	1,77	1,77	0,26	0,90	2,39	2,03	1,71	1,44	1,25	1,16	1,10	
Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная	155	3120	1953...76, 1978...80, 1982...85, 1989...92, 1995, 1997, 2008...09, 2017	58	2,24	3,03*	0,12*	0,08*	3,52*	3,27*	3,02*	2,78*	2,58*	2,47*	2,40*	
Проходная устье	82,0	3160	1952...76, 1978...87, 1989...2002, 2004...2017	65	1,58	1,55	0,17	0,097	1,87	1,70	1,52	1,35	1,20	1,11	1,05	
Терисбутак устье	31,0	2250	1948...2002, 2004...2005, 2007...2017	69	0,45	0,43	0,35	0,89	0,63	0,51	0,41	0,32	0,25	0,22	0,21	
Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай	45,2		1973...2017	43	1,38	1,35	0,16	0,48	1,64	1,49	1,33	1,19	1,08	1,02	0,98	
Киши Алматы – г. Алматы	118	2560	1916...17, 1928...30, 1934...2017	91	2,03	2,28*	0,16*	0,22*	2,75*	2,52*	2,27*	2,03*	1,82*	1,70*	1,63*	
Сарысай – устье	10,0	2760	1942...44, 1946, 1948...66, 1969...98	53	0,16	0,17	0,24	0,43	0,22	0,20	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	
Куйгенсай – турбаза «Горельник» (устье)	11,9	2930	1940...44, 1950...88	44	0,21	0,21	0,26	0,52	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,12	0,11	
Кимасар – устье (д. о. им. Х-летия КазССР, Медео)	7,60	2340	1937...39, 1941...72	39	0,13	0,12	0,30	0,48	0,18	0,15	0,13	0,10	0,083	0,073	0,067	
*)Левый Оргасай – устье	1,44	-	1962...71	10	6,30	5,83	0,29	1,06	8,18	6,96	5,73	4,67	3,84	3,41	3,13	

Река - пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет наблюдений	Средн. расход за период наблюдений, м ³ /с	Средн. расход за много-летний период, м ³ /с (1940...2017 гг.)	Принятые значения		Расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с						
	площадь, км ²	средняя					Cv	Cs	10%	25%	50%	75%	90%	95%	97%
*)Правый Орта-сай – устье	0,90	-	1962...71	10	4,38	3,99	0,34	1,07	5,90	4,90	3,90	3,06	2,42	2,10	1,90
Бутак (Бутакова щель) – мкр. Бутак	17,2	2120	1940...44, 1946...2015	75	0,23	0,26	0,36	0,65	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13	0,11	0,10
Бутак – устье	24,8	1960	1950...69	20	0,26	0,26	0,41	0,57	0,40	0,32	0,25	0,18	0,14	0,11	0,10
*)Прав. Шыбынсай – в 2 км выше устья	0,91	1660	1948...69	22	3,51	2,30	0,68	1,74	5,07	3,49	2,17	1,36	0,93	0,77	0,70
*)Правый Шыбынсай – устье р. Левый Шыбынсай	1,37		1964...92	28	4,50	4,80	0,46	0,40	7,74	6,06	4,45	3,18	2,27	1,84	1,58
*)Левый Шыбынсай – устье	1,63		1964...71	8	2,09	1,63	0,50	0,77	2,71	2,08	1,49	1,03	0,70	0,55	0,47

Примечание: * – приведен восстановленный естественный сток;)* – расходы приведены в л/с

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате анализа рядов наблюдений за расходами воды рек территории г. Алматы в многолетние периоды выявлены изменения годового стока рек, как под влиянием климатических изменений (р. Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай, р. Улькен Алматы – 2 км выше оз. Улькен Алматы), так и в связи с усилением антропогенного влияния (р. Киши Алматы – г. Алматы, р. Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная).

Климатические изменения подтверждаются положительными трендами среднегодовой температуры воздуха и атмосферных осадков, а анализ трендов годового стока показывает, что по основным рекам наблюдаются положительные тенденции изменения речного стока.

В ходе исследования был проведен совместный анализ динамики атмосферных осадков, температуры воздуха по метеостанциям и расходов воды по гидрологическим постам исследуемого района.

На рисунках 1 и 2 показан совмещенный

график многолетнего хода пятилетних скользящих сумм осадков, температуры воздуха и расходов воды для метеостанции Алматы ОГМС и БАО, а также для гидропостов Киши Алматы – Алматы и Улькен Алматы – 1,1 км выше оз. БАО.

По данным, приведенным на рисунке 2, можно судить о том, что с увеличением выпадения атмосферных осадков и температуры воздуха, расходы воды увеличиваются.

Сток исследуемых рек внутри года связан не только с изменением количества осадков и температуры воздуха, но и с антропогенными факторами.

Как видно из данных, приведенных на рисунке 1 на совмещенном графике для метеостанции Алматы ОГМС и поста Киши Алматы – г. Алматы отмечен заметный спад расходов воды и отрицательный тренд для бытового стока реки, обусловленный антропогенным влиянием урбанизированной территории. При этом естественно-восстановленный по аналогу сток показывает рост расходов воды, обусловленный ростом осадков и температуры воздуха.

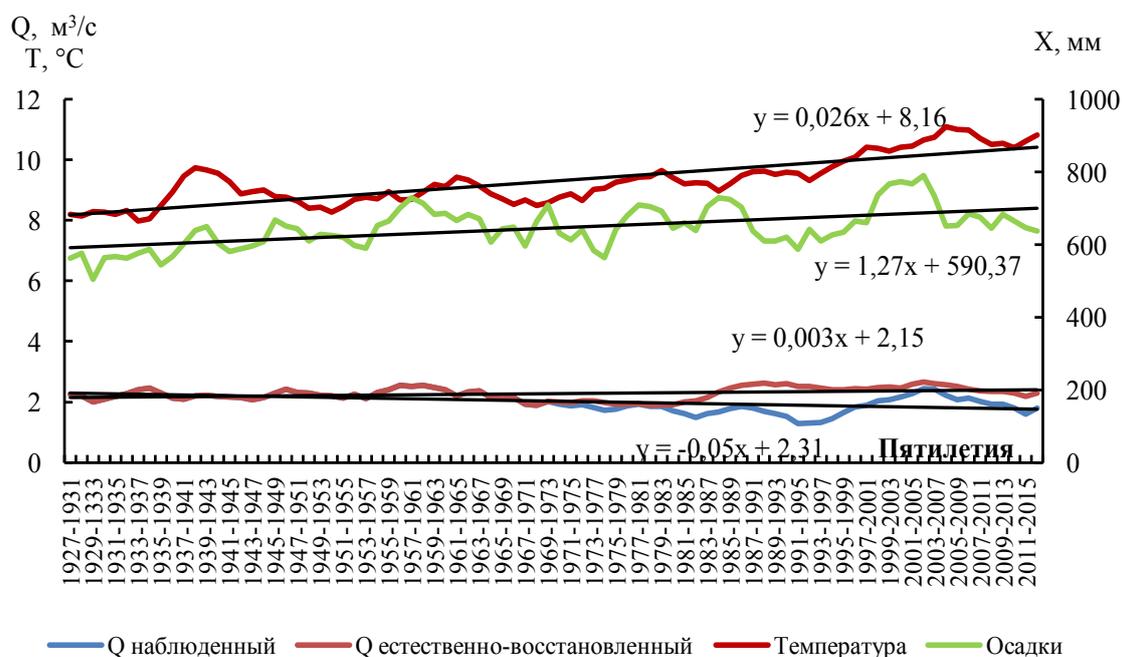


Рис. 1. Совмещенный график многолетнего хода пятилетних скользящих сумм атмосферных осадков, температуры воздуха по данным метеостанции Алматы ОГМС и расходов воды в створе гидропоста р. Киши Алматы – г. Алматы.

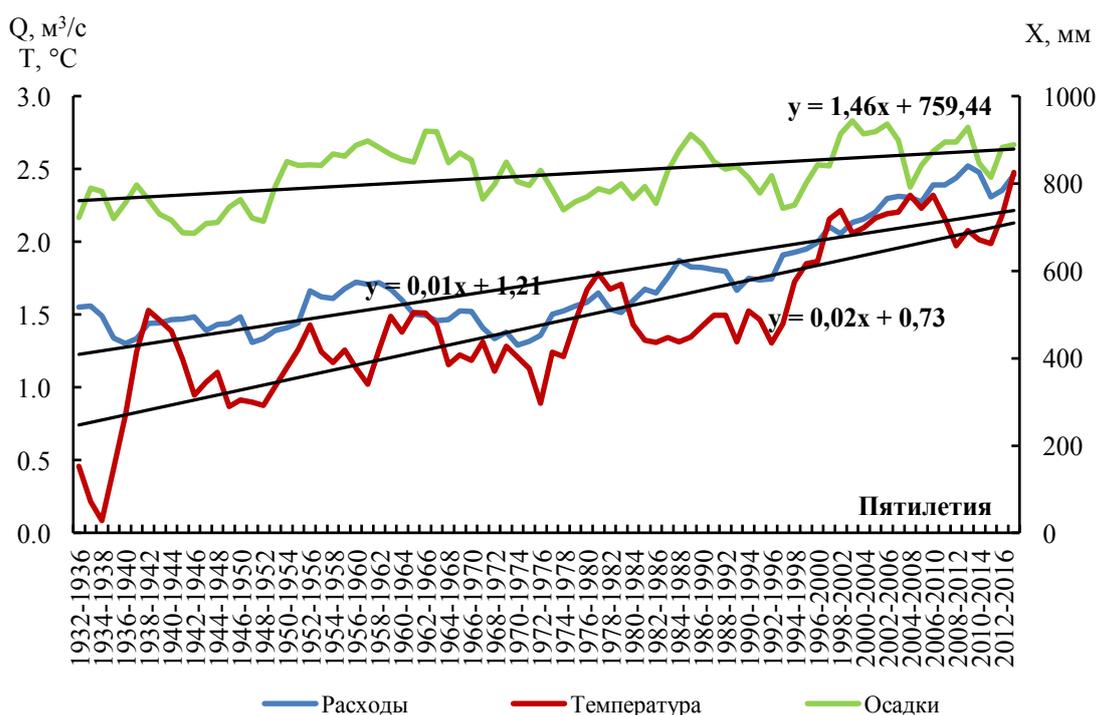


Рис. 2. Совмещенный график многолетнего хода пятилетних скользящих сумм атмосферных осадков, температуры воздуха по данным метеостанции БАО и расходов воды в створе гидропоста р. Улькен Алматы – выше 1,1 км оз. БАО.

Как видно из данных, приведенных на рисунке 1 на совмещенном графике для метеостанции Алматы ОГМС и поста Киши Алматы – г. Алматы отмечен заметный спад расходов воды и отрицательный тренд для бытового сто-

ка реки, обусловленный антропогенным влиянием урбанизированной территории. При этом естественно-восстановленный по аналогу сток показывает рост расходов воды, обусловленный ростом осадков и температуры воздуха.

Таблица 3

Расчетное распределение стока рек территории г. Алматы методом компоновки

Река-пункт	Период	Водность года	Месяцы											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Район XIIIБ														
Месячный сток в % от годового														
р. Аксай - кордон Аксайский	1928...1987	Многоводный	2,54	2,22	1,99	4,66	8,99	20,78	24,92	19,06	5,08	3,26	3,49	3,02
		Средний	3,94	3,52	3,70	4,65	9,06	15,03	22,86	19,05	4,87	3,03	5,65	4,65
		Маловодный	4,03	3,62	3,78	4,93	8,49	14,89	22,30	20,12	4,80	3,16	5,30	4,59
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с												
		Многоводный, 25 %	1,14	0,99	0,89	2,09	4,02	9,30	11,15	8,53	2,27	1,46	1,56	1,35
		Средний, 50 %	0,95	0,85	0,90	1,13	2,19	3,64	5,54	4,61	1,18	0,73	1,37	1,13
		Маловодный, 75 %	0,85	0,77	0,80	1,04	1,80	3,15	4,72	4,26	1,02	0,67	1,12	0,97
		Месячный сток в % от годового												
		р. Тастыбулак – с. Аксай	1941...1985	Многоводный	0,32	0,32	0,56	0,89	1,12	0,80	0,65	0,55	0,45	0,43	0,38	0,36
Средний	0,75			0,70	0,70	1,07	0,90	0,72	0,57	0,49	1,96	1,80	0,85	0,76
Маловодный	0,36			0,34	0,63	0,88	0,80	0,70	0,58	0,52	0,52	0,48	0,49	0,40
Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
Многоводный, 25 %	0,03			0,03	0,05	0,08	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
Средний, 50 %	0,06			0,05	0,05	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,14	0,13	0,06	0,06
Маловодный, 75 %	0,02			0,02	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Месячный сток в % от годового														
р. Ойжайлау – с. Каменка	1941...1985			Многоводный	0,30	0,28	0,42	0,76	1,00	0,65	0,50	0,40	0,38	0,35	0,34	0,34
		Средний	0,49	0,45	0,47	0,49	0,65	0,57	0,45	0,39	1,37	1,17	0,62	0,52
		Маловодный	0,37	0,35	0,35	0,49	0,39	0,35	0,30	0,29	0,36	0,36	0,43	0,41
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с												
		Многоводный, 25 %	0,03	0,03	0,04	0,07	0,09	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
		Средний, 50 %	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,10	0,09	0,05	0,04
		Маловодный, 75 %	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
		Месячный сток в % от годового												
		руч. Каргалы – с. Чапаева	1953...1983	Многоводный	4,70	4,17	4,06	5,76	7,77	15,21	19,00	11,35	8,35	6,80	6,72	6,10
Средний	4,29			4,64	5,70	6,23	8,82	17,83	12,01	14,20	8,56	6,58	6,18	4,94
Маловодный	4,78			4,12	5,10	6,93	9,15	11,32	17,53	14,17	8,22	6,95	6,33	5,40
Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
Многоводный, 25 %	0,42			0,37	0,36	0,52	0,70	1,37	1,71	1,02	0,75	0,61	0,60	0,55
Средний, 50 %	0,31			0,33	0,41	0,45	0,64	1,29	0,87	1,03	0,62	0,48	0,45	0,36
Маловодный, 75 %	0,28			0,24	0,30	0,40	0,53	0,66	1,02	0,82	0,48	0,40	0,37	0,31

Река-пункт	Период	Водность года	Месяцы												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Улькен Алматы – в 2 км выше оз. Улькен Алматы	1952...2016	Месячный сток в % от годового													
		Многоводный	3,21	2,61	2,17	2,47	5,01	13,23	19,64	22,85	12,84	6,80	5,08	4,09	
		Средний	3,37	2,91	2,53	2,58	5,52	13,46	22,19	19,48	12,00	7,00	5,01	3,95	
		Маловодный	3,50	2,94	2,55	2,79	6,13	11,59	19,84	22,92	11,70	6,53	5,30	4,21	
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с													
		Многоводный, 25 %	0,81	0,66	0,55	0,62	1,27	3,34	4,96	5,77	3,24	1,72	1,28	1,03	
	Средний, 50 %	0,72	0,62	0,54	0,55	1,18	2,88	4,76	4,17	2,57	1,50	1,07	0,85		
	Маловодный, 75 %	0,62	0,52	0,46	0,50	1,09	2,07	3,54	4,09	2,09	1,17	0,95	0,75		
	Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная	1952...2016	Месячный сток в % от годового												
			Многоводный	5,89	5,12	4,56	4,44	6,98	11,92	15,57	14,44	10,29	7,48	6,90	6,41
			Средний	5,51	5,26	5,04	5,31	8,12	11,22	13,72	15,70	10,39	7,30	6,47	5,96
			Маловодный	5,17	4,94	4,39	6,15	8,20	11,20	13,79	15,87	9,80	7,76	6,62	6,11
Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с															
Многоводный, 25 %			2,17	1,89	1,68	1,64	2,58	4,40	5,75	5,33	3,80	2,76	2,55	2,37	
Средний, 50 %	1,49	1,43	1,37	1,44	2,20	3,04	3,71	4,25	2,81	1,98	1,75	1,61			
Маловодный, 75 %	0,95	0,90	0,80	1,13	1,50	2,05	2,53	2,91	1,79	1,42	1,21	1,12			
Проходная – устье	1952...2016	Месячный сток в % от годового													
		Многоводный	5,89	5,12	4,56	4,44	6,98	11,92	15,57	14,44	10,29	7,48	6,90	6,41	
		Средний	5,51	5,26	5,04	5,31	8,12	11,22	13,72	15,70	10,39	7,30	6,47	5,96	
		Маловодный	5,17	4,94	4,39	6,15	8,20	11,20	13,79	15,87	9,80	7,76	6,62	6,11	
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с													
		Многоводный, 25 %	0,87	0,80	0,76	0,78	1,77	3,52	4,11	3,09	2,09	1,51	1,16	0,98	
Средний, 50 %	0,78	0,71	0,67	1,58	0,79	2,68	3,53	3,08	1,87	1,30	1,06	0,88			
Маловодный, 75 %	0,69	0,62	0,58	0,76	1,46	2,33	2,95	2,62	1,61	1,15	0,94	0,80			
Терисбутак – устье	1948...2016	Месячный сток в % от годового													
		Многоводный	4,40	4,11	3,88	6,57	12,48	20,48	15,68	9,10	6,98	5,99	5,60	4,73	
		Средний	4,44	4,14	3,90	8,06	15,99	20,81	11,33	7,14	6,98	6,05	6,16	5,01	
		Маловодный	4,61	4,23	4,90	9,00	18,90	15,15	11,18	7,67	6,91	6,19	5,96	5,29	
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с													
		Многоводный, 25 %	0,28	0,27	0,25	0,43	0,81	1,33	1,02	0,59	0,45	0,39	0,36	0,31	
Средний, 50 %	0,23	0,21	0,20	0,42	0,83	1,08	0,59	0,37	0,36	0,31	0,32	0,26			
Маловодный, 75 %	0,18	0,17	0,20	0,36	0,76	0,61	0,45	0,31	0,28	0,25	0,24	0,21			

Река-пункт	Период	Водность года	Месяцы													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай	1974...2016	Месячный сток в % от годового														
		Многоводный	3,97	3,63	3,38	3,31	5,40	13,34	19,54	17,44	11,90	7,65	5,75	4,68		
		Средний	4,16	3,73	3,54	4,10	6,45	11,75	19,28	17,94	11,38	7,11	5,68	4,89		
		Маловодный	4,13	3,79	3,61	3,98	5,83	10,71	16,88	20,15	12,77	7,92	5,44	4,79		
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
		Многоводный, 25 %	0,74	0,68	0,63	0,62	1,01	2,49	3,65	3,26	2,22	1,43	1,07	0,87		
	Средний, 50 %	0,68	0,60	0,57	0,66	1,05	1,90	3,13	2,91	1,84	1,15	0,92	0,79			
	Маловодный, 75 %	0,60	0,55	0,52	0,58	0,84	1,55	2,44	2,92	1,85	1,15	0,79	0,69			
	Киши Алматы – г. Алматы	1934...2016	Месячный сток в % от годового													
			Многоводный	4,32	3,61	4,03	6,05	10,79	17,05	14,76	13,35	9,38	6,53	5,36	4,77	
Средний			4,22	3,47	3,92	6,29	11,16	13,63	16,49	14,91	9,49	6,55	5,30	4,58		
Маловодный			3,89	3,40	3,57	6,31	10,20	13,64	17,22	15,70	9,66	6,53	5,34	4,55		
Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с																
Многоводный, 25 %			1,23	1,03	1,14	1,72	3,06	4,84	4,19	3,79	2,66	1,85	1,52	1,35		
Средний, 50 %	1,01	0,83	0,94	1,50	2,67	3,26	3,94	3,56	2,27	1,56	1,27	1,09				
Маловодный, 75 %	0,77	0,67	0,70	1,24	2,01	2,69	3,40	3,10	1,91	1,29	1,05	0,90				
р. Сарысай – устье	1942...1997	Месячный сток в % от годового														
		Многоводный	4,92	4,18	4,28	4,91	8,60	16,3	13,7	11,6	9,25	7,35	9,16	5,74		
		Средний	5,34	4,76	4,95	6,04	9,62	14,1	13,0	11,9	9,35	7,90	6,94	6,04		
		Маловодный	5,29	4,79	5,18	7,14	10,2	13,0	12,3	11,6	9,96	8,10	6,67	5,87		
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
		Многоводный, 25 %	0,11	0,10	0,10	0,11	0,20	0,37	0,32	0,27	0,21	0,17	0,21	0,13		
Средний, 50 %	0,10	0,09	0,09	0,12	0,18	0,27	0,25	0,23	0,18	0,15	0,13	0,12				
Маловодный, 75 %	0,08	0,07	0,08	0,11	0,16	0,20	0,19	0,18	0,16	0,13	0,10	0,09				
р. Куйгенсай – турбаза "Горельник", устье	1941...1988	Месячный сток в % от годового														
		Многоводный	4,53	3,71	4,04	4,08	16,7	21,0	12,1	8,60	8,01	6,20	5,92	5,06		
		Средний	4,56	4,12	4,32	5,17	15,3	20,0	12,8	9,21	7,67	6,32	5,57	4,97		
		Маловодный	4,75	4,20	4,44	5,68	15,0	21,3	10,6	9,20	7,25	6,59	5,91	5,10		
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
		Многоводный, 25 %	0,14	0,11	0,13	0,13	0,52	0,65	0,38	0,27	0,25	0,19	0,18	0,16		
Средний, 50 %	0,11	0,1	0,11	0,13	0,38	0,5	0,32	0,23	0,19	0,16	0,14	0,12				
Маловодный, 75 %	0,09	0,08	0,09	0,11	0,29	0,41	0,21	0,18	0,14	0,13	0,12	0,1				

Научные статьи

Река-пункт	Период	Водность года	Месяцы											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
р. Кимасар – устье	1937...1972	Месячный сток в % от годового												
		Многоводный	3,8	3,6	3,9	10,0	16,1	16,0	10,1	6,5	4,9	5,0	4,4	3,7
		Средний	9,7	9,5	11,0	6,8	11,9	9,0	5,8	6,8	2,9	3,0	2,6	6,0
		Маловодный	3,6	3,4	6,1	11,5	16,1	15,5	10,6	6,5	5,4	7,2	6,2	5,8
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с												
		Многоводный, 25 %	0,12	0,11	0,12	0,29	0,45	0,45	0,29	0,19	0,15	0,15	0,14	0,12
		Средний, 50 %	0,42	0,41	0,47	0,30	0,51	0,40	0,27	0,19	0,15	0,15	0,16	0,52
		Маловодный, 75 %	0,14	0,13	0,15	0,33	0,45	0,44	0,25	0,19	0,16	0,16	0,13	0,12
		Месячный сток в % от годового												
р. Левый Оргасай - устье	1962...1971	Многоводный	4,2	3,8	6,0	12,0	13,0	12,2	9,6	7,2	5,3	6,0	5,1	3,8
		Средний	10,1	9,0	12,2	8,8	9,7	7,5	5,6	4,3	3,5	3,9	3,2	10,2
		Маловодный	4,3	3,8	5,3	13,7	12,8	12,0	8,1	6,7	5,9	5,9	5,2	4,3
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с												
		Многоводный, 25 %	0,003	0,002	0,003	0,006	0,007	0,007	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003
		Средний, 50 %	0,008	0,007	0,009	0,007	0,008	0,008	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,008
		Маловодный, 75 %	0,002	0,003	0,004	0,008	0,007	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003
		Месячный сток в % от годового												
		р. Правый Оргасай – устье	1962...1971	Многоводный	3,1	3,0	4,9	18,1	6,9	35,7	6,1	5,1	3,0	5,1	4,6	3,6
Средний	7,7			7,4	16,3	14,2	12,1	8,2	6,1	4,8	4,3	2,9	2,7	10,8
Маловодный	2,4			2,7	6,2	21,0	17,2	11,4	8,0	7,7	5,0	4,0	3,3	4,8
Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с														
Многоводный, 25 %	0,002			0,002	0,004	0,018	0,012	0,026	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004
Средний, 50 %	0,008			0,007	0,019	0,018	0,015	0,009	0,006	0,005	0,004	0,002	0,003	0,01
Маловодный, 75 %	0,003			0,002	0,006	0,019	0,021	0,010	0,008	0,008	0,005	0,004	0,003	0,002
Месячный сток в % от годового														
р. Бутак – с. Бутак	1940...2017			Многоводный	4,8	4,6	4,9	11,0	17,1	17,0	11,1	7,5	5,9	6,0	5,4	4,7
		Средний	10,7	10,5	12,0	7,8	12,9	10,0	6,8	4,8	3,9	4,0	3,6	13,0
		Маловодный	4,6	4,4	5,1	12,5	17,1	16,5	9,6	7,5	6,4	6,2	5,2	4,8
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с												
		Многоводный, 25 %	0,13	0,12	0,13	0,30	0,46	0,46	0,30	0,20	0,16	0,16	0,15	0,13
		Средний, 50 %	0,44	0,43	0,49	0,32	0,53	0,41	0,28	0,20	0,16	0,16	0,15	0,53
		Маловодный, 75 %	0,13	0,12	0,14	0,34	0,46	0,45	0,26	0,20	0,17	0,17	0,14	0,13

Река-пункт	Период	Водность года	Месяцы												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
р. Бутак – устье	1950...1969	Месячный сток в % от годового													
		Многоводный	6,1	5,3	6,2	10,0	15,8	19,2	8,8	5,4	5,4	4,8	7,7	5,3	
		Средний	11,1	10,3	12,4	8,0	13,0	10,5	6,3	3,9	3,9	4,3	4,5	11,8	
		Маловодный	5,9	5,4	6,1	12,7	17,6	14,1	7,8	5,9	6,5	6,2	6,2	5,5	
		Месячные расходы воды для лет различной водности, м ³ /с													
		Многоводный, 25 %	0,19	0,16	0,19	0,31	0,49	0,59	0,27	0,17	0,16	0,15	0,24	0,16	
		Средний, 50 %	0,48	0,45	0,54	0,35	0,57	0,45	0,28	0,17	0,17	0,19	0,20	0,51	
		Маловодный, 75 %	0,18	0,17	0,19	0,39	0,54	0,43	0,24	0,18	0,20	0,19	0,19	0,17	
		р. Правый Шыбынсай – устье р. Левый Шыбынсай	1964...1992	Месячный сток в % от годового											
Многоводный	5,2			4,8	7,0	13,0	14,0	13,2	10,6	8,2	6,3	7,0	6,1	4,8	
Средний	11,1			10,0	13,2	9,8	10,7	8,5	6,6	5,3	4,5	4,9	4,2	11,2	
Маловодный	5,3			4,8	6,3	14,7	13,8	13,0	9,1	7,7	6,9	6,9	6,2	5,3	
Месячные расходы воды для лет различной водности, л/с															
Многоводный, 25 %	5,19			4,76	6,98	8,00	13,9	13,1	10,5	8,15	6,32	6,96	6,10	4,80	
Средний, 50 %	4,10			4,00	3,20	9,77	10,6	8,45	6,46	5,32	4,54	4,91	4,20	4,10	
Маловодный, 75 %	5,32			4,76	6,32	10,0	13,7	13,0	9,10	7,65	6,94	6,90	6,16	5,34	
р. Левый Шыбынсай – устье	1964...1971			Месячный сток в % от годового											
		Многоводный	0,0	0,0	2,9	44,2	34,1	10,8	3,2	1,1	0,5	1,5	0,7	1,1	
		Средний	0,0	0,0	47,7	23,7	17,1	4,4	2,4	1,2	0,6	0,8	0,4	1,7	
		Маловодный	0,0	0,0	2,4	44,8	29,7	12,3	4,4	1,9	0,7	1,5	0,7	2,8	
		Месячные расходы воды для лет различной водности, л/с													
		Многоводный, 25 %	0,00	0,00	2,90	44,1	34,0	10,7	3,19	1,13	0,47	1,52	0,68	1,07	
		Средний, 50 %	0,00	0,00	2,70	23,6	17,1	4,45	2,37	1,23	0,59	0,80	0,36	1,73	
		Маловодный, 75 %	0,00	0,00	2,38	44,7	29,7	12,2	4,38	1,93	0,72	1,52	0,68	1,59	

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований могут быть применены в практике гидрологических, метеорологических, воднобалансовых и водохозяйственных расчетов, при составлении гидрологических прогнозов, проектировании водохозяйственных сооружений, а также для анализа условий формирования стока и выполнения различных теоретических исследований для горных условий Илейского Алатау и территории г. Алматы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленные цели данного исследования

выполнены полностью. Получены как новые, так и уточненные данные о гидрологических характеристиках годового стока рек, территории г. Алматы, приведенные к единому расчетному периоду. Рассчитано внутригодовое распределение речного стока методом компоновки, одного из наиболее распространенных и пригодных для любых задач проектирования и любых физико-географических условий, при любых типах внутригодового режима.

Выявлены основные тренды годового стока, дающие в будущем возможность составить сценарный прогноз изменения стока и водных ресурсов рассматриваемой территории. Выявлены основные факторы, влияющие на величину формирующегося на данной территории речно-

го стока. Даны рекомендации для использования полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алма-Ата. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М. К. – Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 1983. – С. 12.
2. *Андреев В.Г.* Внутригодовое распределение стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 328 с.
- 3) *Беркалиев З.Т.* Гидрологические основы водохозяйственного использования бассейна р. Или. – Алма-Ата: Казахское государственное издательство, 1960. – 148 с.
4. *Гальперин Р.И., Чигринцев Л.Ю.* Многолетние колебания твердого стока как показателя экологического состояния рек Юго-Восточного Казахстана // Вестник КазГУ, Серия экологич. – Алматы, 2000. – №1, 2 (6, 7). – С. 10.
5. Гидрологические и воднобалансовые расчеты / под ред. Н.Г. Галущенко. – Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1987. – 248 с.
6. *Горошков И.Ф.* Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С. 1-144.
7. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и оз. Алаколь (2001-2015 гг.). – Алматы (Астана): РГП «Казгидромет».
8. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. (за 1981-1990 гг.) – Алматы: Гидрометеиздат, 2002. – Кн. 2, вып.4, ч.1. – 247 с.
9. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (за 1976-1980 гг.). – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – Т.V, вып.4. – 576 с.
10. *Зайков Б.Д.* Средний сток и его распределение в году по территории СССР // Тр.НИУ ГУГМС. Сер. IV. – Л.–М.: Гидрометеиздат, 1946. – Вып.24. – С. 5-20.
11. Казахская ССР: краткая энциклопедия / Гл. ред. Р. Н. Нургалиев. – Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 1988. – Т. 2. – С. 69-71.
12. Климат Алма-Аты. Под редакцией к. т. н. Х. А. Ахмеджанова, д. г. н. Ц. А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 264 с.
13. *Лаврентьев П.Ф., Голубцов В.В., Юрина Е.Г.* Средний сток и его колебания в басс. озер. Балхаш – Алакольской впадины // Тр. КазНИГМИ. – 1963. – Вып.18. – С. 3-28.
14. *Мазур Л.П.* Анализ и расчёт элементов водного баланса горных водосборов (на примере северного склона Заилийского Алатау): автореф. ...канд. геог. наук. – Ленинград, 1989. – 19 с.
15. *Мазур Л.П.* Исследование и расчет атмосферных осадков на горных водосборах Заилийского Алатау // Вопросы гидрологического и гидравлического режима рек Казахстана. – Алматы: КазГУ, 1993. – С. 12-18.
16. *Мазур Л.П.* Методика расчета стока рек при исследовании водного баланса горных водосборов (на примере северного склона Заилийского Алатау) // Проблемы комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. – Алма-Ата: КазГУ, 1985. – С. 54-64.
17. Материалы наблюдений Алматинской селестокковой станции. КазНИГМИ.1960-1961 гг. Под ред. Л.П. Мазур и В.Р. Рындиной. Алма-Ата, фотоофсетная лаборатория УГМС, 1966. – Вып.3. – 331 с.
18. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Санкт-Петербург, ГУ «ГГИ», 2009. – 193 с.
19. Определение расчетных гидрологических характеристик (СНиП 2.01.14-83) / Гос.комитет по делам строительства. – М., 1983. – 97 с.
20. Оценить водные ресурсы трансграничной реки Или с учетом климатических изменений и разработать принципы их охраны и совместного использования: отчет о НИР (заключительный) // ИГ МОН РК. – Алматы, 2002. – 237 с. – №ГР-0100РК00308. – Инв.№0203РК00170.
21. Оценка влияния природных факторов и хозяйственной деятельности на состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере г. Алматы): отчет о НИР (промежуточный)/ КазНУ. – Алматы, 2019. – 155 с.
22. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
23. Провести уточнения и дать оценку ресурсов поверхностных вод Или-Балхашского

бассейна в зоне формирования стока с определением основных характеристик в замыкающих створах: Отчет о НИР // КазГУ. – Алма-Ата, 1987. – 145 с. – №ГР 01860110031

24. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – Т.13. – вып.2. – 643 с.

25. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1965-1970 гг.). – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – Т.13, вып.2. – 316 с.

26. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – Т.13, вып.2. – 472 с.

27. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1971-1975 гг.). – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – Т.13, вып.2. – 288 с.

28. Руководство по гидрологическим расчетам при проектировании водохранилищ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – С. 3-82.

29. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.

30. *Соседов И.С.* Исследование баланса снеговой влаги на горных склонах. – Алма-Ата: Наука, 1967. – 199 с.

31. *Соседов И.С.* Методика территориальных воднобалансовых обобщений в горах. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 150 с.

32. *Судаков П.А., Вилесов Е.Н.* Режим снежного покрова и его распределение на Малоалма-тинских ледниках // Гляциологические исследования в период МГГ. – Алма-Ата: Наука, 1962. – Вып.2. – С. 99-114.

33. *Токмагамбетов Г.А.* Ледники Заилийского Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 366 с.

34. *Челпанова О.М.* Климат СССР. Средняя Азия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – Вып.3. – 447 с.

35. *Чигринец А.Г.* Гидролого-экологическая оценка малых рек горно-предгорной зоны Илейского Алатау и разработка рекомендаций по их охране. Дис. канд. геогр. наук. – Алматы, 2006. – 303 с.

36. *Чигринец Л.Ю.* Анализ и расчёт стока

наносов горных рек Юго – Восточного Казахстана: автореф. ... канд. геог. наук. – Алматы, 2000. – 24 с.

37. *Чигринец Л.Ю.* Определение расчетных гидрологических характеристик с применением персонального компьютера. – Алматы: Казак университеті, 2009. – 211 с.

38. *Шульц В.Л.* Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 691 с.

REFERENCES

1. Alma-Ata. Entsiklopediya / Gl. red. Kozybaev M. K.. — Alma-Ata: Gl. red. Kazakhskoi sovetskoi entsiklopedii, 1983. – S. 12.

2. *Andreyanov V.G.* Vnutrigodovoe raspredelenie stoka. – L.: Gidrometeoizdat, 1960. – 328 s.

3. *Berkaliev Z.T.* Gidrologicheskie osnovy vodokhozyaistvennogo ispol'zovaniya basseina r. Ili. – Alma-Ata: Kazakhskoe gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1960. – 148 s.

4. *Gal'perin R.I., Chigrinets L.Yu.* Mnogoletnie kolebaniya tverdogo stoka kak pokazatelya ekologicheskogo sostoyaniya rek Yugo-Vostochnogo Kazakhstana // Vestnik KazGU, Seriya ekologich. – Almaty, 2000. №1, 2 (6, 7). – S 10.

5. Gidrologicheskie i vodnobilansovye raschety / pod red. N.G. Galushchenko. – Kiev: Vishcha shkola, Golovnoe izd-vo, 1987. – 248 s.

6. *Goroshkov I.F.* Gidrologicheskie raschety. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – S. 1-144.

7. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Basseiny rek oz. Balkhash i oz. Alakol' (2001-2015 gg.). – Almaty (Astana): RGP «Kazgidromet».

8. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Basseiny rek oz. Balkhash i besstochnykh raionov Tsentral'nogo Kazakhstana. (za 1981-1990 gg.) – Almaty: Gidrometeoizdat, 2002. – Kn. 2, vyp.4, ch.1. – 247 s.

9. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Kazakhskaya SSR. Basseiny rek oz. Balkhash i besstochnykh raionov Tsentral'nogo Kazakhstana (za 1976-1980 gg.). – L.: Gidrometeoizdat, 1998. – T.V, vyp.4. – 576 s.

10. *Zaikov B.D.* Srednii stok i ego raspredelenie v godu po territorii SSSR // Tr.NIU GUGMS. Ser. IV. – L.- M.: Gidrometeoizdat, 1946. – Vyp.24. – S. 5-20.
11. Kazakhskaya SSR: kratkaya entsiklopediya / Gl. red. R. N. Nurgaliev. – Alma-Ata: Gl. red. Kazakhskoi sovetskoi entsiklopedii, 1988. – T. 2. – S. 69-71.
12. Klimat Alma-Aty. Pod redaktsiei k. t. n. X. A. Akhmedzhanova, d. g. n Ts. A. Shver. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 264 s.
13. *Lavrent'ev P.F., Golubtsov V.V., Yurina E.G.* Srednii stok i ego kolebaniya v bass. ozer. Balkhash – Alakol'skoi vpadiny // Tr. KazNIGMI. – 1963. – Vyp.18. – S. 3-28.
14. *Mazur L.P.* Analiz i raschet elementov vodnogo balansa gornyx vodosborov (na primere severnogo sklona Zailiiskogo Alatau): avtoref. ... kand. geog. nauk. – Leningrad, 1989. – 19 s.
15. *Mazur L.P.* Issledovanie i raschet atmosferynykh osadkov na gornyx vodosborakh Zailiiskogo Alatau // Voprosy gidrologicheskogo i gidravlicheskogo rezhima rek Kazakhstana. – Alma-Aty: KazGU, 1993. – S. 12-18.
16. *Mazur L.P.* Metodika rascheta stoka rek pri issledovanii vodnogo balansa gornyx vodosborov (na primere severnogo sklona Zailiiskogo Alatau) // Problemy kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov Ili-Balkhashskogo basseina. – Alma-Ata: KazGU, 1985. – S. 54-64.
17. Materialy nablyudenii Almatinskoi selestokovoi stantsii. KazNIGMI.1960-1961 gg. Pod red. L.P. Mazur i V.R. Ryndinoi. Alma-Ata, fotoofsetnaya laboratoriya UGMS, 1966. – Vyp.3.– 331 s.
18. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik pri otsutstvii dannykh gidrometricheskikh nablyudenii. Sankt-Peterburg, GU «GGI», 2009. – 193 s.
19. Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik (SNiP 2.01.14-83) / Gos.komitet po delam stroitel'stva. – M., 1983. – 97 s.
20. Otsenit' vodnye resursy transgranichnoi reki Ili s uchetom klimaticheskikh izmenenii i razrabotat' printsipy ikh okhrany i sovместnogo ispol'zovaniya: otchet o NIR (zaklyuchitel'nyi) // IG MON RK. – Alma-Aty, 2002. – 237 s. – №GR0100RK00308. – Inv.№0203RK00170.
21. Otsenka vliyaniya prirodnykh faktorov i khozyaistvennoi deyatelnosti na sostoyanie vodnykh ob'ektov urbanizirovannykh territorii (na primere g. Almaty): otchet o NIR (promezhutochnyi) / KazNU. – Alma-Aty, 2019. – 155 s.
22. Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 448 s.
23. Provesti utochneniya i dat' otsenku resursov poverkhnostnykh vod Ili-Balkhashskogo basseina v zone formirovaniya stoka s opredeleniem osnovnykh kharakteristik v zamykayushchikh stvorakh: Otchet o NIR // KazGU. – Alma-Ata, 1987. – 145 s. – №GR 01860110031
24. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Bassein oz. Balkhash.– L.: Gidrometeoizdat, 1970. – T.13, vyp.2. – 643 s.
25. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Bassein oz. Balkhash. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. Tsentral'nyi i Yuzhnyi Kazakhstan (za 1965-1970 gg.). – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – T.13, vyp.2. – 316 s.
26. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Bassein oz. Balkhash. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. Tsentral'nyi i Yuzhnyi Kazakhstan. – L.: Gidrometeoizdat, 1967. – T.13, vyp.2. – 472 s.
27. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Bassein oz. Balkhash. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. Tsentral'nyi i Yuzhnyi Kazakhstan (za 1971-1975 gg.). – L.: Gidrometeoizdat, 1980. – T.13, vyp.2. – 288 s.
28. Rukovodstvo po gidrologicheskim raschetam pri proektirovanii vodokhranilishch. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – S.3-82.
29. Svod pravil SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. Izdanie ofitsial'noe. – M.: Gosstroj Rossii, 2004. – 73 s.
30. *Sosedov I.S.* Issledovanie balansa snegovoi vlagi na gornyx sklonakh. – Alma-Ata: Nauka, 1967. – 199 s.
31. *Sosedov I.S.* Metodika territorial'nykh vodnobalansovykh obobshchenii v gorakh. – Alma-Ata: Nauka, 1976. – 150 s.
32. *Sudakov P.A., Vilesov E.N.* Rezhim snezhnogo pokrova i ego raspredelenie na Maloalmatinskikh lednikakh // Glyatsiologicheskie issledovaniya v period MGG. – Alma-Ata: Nauka, 1962. – Vyp.2. – S. 99-114.
33. *Tokmagambetov G.A.* Ledniki Zailiiskogo Alatau. – Alma-Ata: Nauka, 1976. – 366 s.
34. *Chelpanova O.M.* Klimat SSSR. Srednyaya Aziya. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – Vyp.3. –

447 s.

35. *Chigrinets A.G.* Hidrologo-ekologicheskaya otsenka malykh rek gorno-predgornoi zony Ileiskogo Alatau i razrabotka rekomendatsii po ikh okhrane. Dis. kand. geogr. nauk. – Almaty, 2006. – 303 s.

36. *Chigrinets L.Yu.* Analiz i raschet stoka nanosov gornyx rek Yugo – Vostochnogo

Kazakhstana: avtoref. ... kand. geog. nauk. – Almaty, 2000 – 24 s.

37. *Chigrinets L.Yu.* Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik s primeneniem personal'nogo komp'yutera. – Almaty: Kazak universiteti, 2009. – 211 s.

38. *Shul'ts V.L.* Reki Srednei Azii. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 691 s.

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ АУМАҒЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ АҒЫНДЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫ МЕН ЖЫЛШІЛІК ТАРАЛУЫН ЗЕРТТЕУ

А.Г. Чигринец¹ география ғылымдарының кандидаты, **К.К. Дускаев**¹ техника ғылымдарының кандидаты, **А.А. Сатмурзаев**¹, **А.Е. Инсигенова**¹, **Ж.Т. Салаватова**¹

¹*әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*
E-mail: *ch.al.georg@mail.ru, kduskaev@gmail.com, s_ahmetzhan@mail.ru, insigenova.aiym@gmail.com, salavatova.07@gmail.com*

Мақала Алматы мегаполисіндегі өзен ағындысын зерттеуге арналған. Алматының шағын өзендері жыл сайын өзіне көбірек назар аудартып келеді, өйткені олардың су ресурстары шаруашылық-ауызсу қажеттіліктеріне, суаруға, энергетикаға және басқа да мақсаттарға кеңінен пайдаланылады. Халықтың денсаулығы мен амандығы олардың сулылығына байланысты.

Мақалада Алматы қаласының урбанизацияланған аумағын кесіп өтетін өзендердегі ағындының қалыптасу жағдайлары, ағындыға әсер ететін климаттық сипаттамалар жан-жақты талданған. Әдістеменің сипаттамасы және орташа жылдық ағындыны есептеу нәтижелері, сондай-ақ ағындының жылышылық таралуы келтірілген. Соңғы онжылдықтардағы климаттық факторлардың әсерінен өзен ағындысы сипаттамаларының өзгеруі бағаланады.

Түйін сөздер: гидрографиялық желі, урбанизацияланған аймақ, өзендердің сұйық ағындысы, ағынды нормасы, вариация коэффициенті, асимметрия коэффициенті, ағындының жылышылық таралуы, антропогендік әсер, ағындының трендтері

**STUDY OF THE MAIN CHARACTERISTICS AND INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF
THE WATER FLOW OF THE RIVERS OF THE TERRITORY ALMATY CITY**

**A.G. Chigrinets¹ PhD, K.K. Duskaev¹ PhD, A.A. Satmurzayev¹, A.E. Insignova¹,
Zh.T. Salavatova¹**

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: ch.al.georg@mail.ru, kduskaev@gmail.com, s_ahmetzhan@mail.ru,

insigenova.aiym@gmail.com, salavatova.07@gmail.com

The article is devoted to the study of the flow of the rivers of the metropolis of Almaty. Small rivers of Almaty attract more and more attention every year, as their water resources are widely used for household and drinking needs, irrigation, energy, and for other purposes. The health and well-being of the population depends on their water content.

The article analyzes in detail the conditions for the formation of the water flow of rivers crossing the urbanized territory of Almaty, climatic characteristics affecting the flow. The description of the methodology and the results of calculating the characteristics of the average annual water flow and intra-annual flow distribution are given. Changes in the characteristics of river flow caused by climatic factors of recent decades are estimated.

Keywords: hydrographic network, urbanized territory, liquid river flow, flow rate, coefficient of variation, coefficient of asymmetry, intra-annual flow distribution, anthropogenic influence, flow trends