

## Изменение водного и ионного стока рек Улькен Алматы и Киши Алматы в годовичном цикле

Романова С.М., Аканова Г.Ж. \*,  
Пономаренко О.И.

Казахский национальный университет  
им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
\*E-mail: gulsara\_48@mail.ru

В статье приведены данные по водному и ионному стоку минеральных растворенных веществ реками Улькен Алматы и Киши Алматы, являющимися реками Северного склона Иле Алатау, в годовичном цикле (2015 г.). Полученные данные сопоставлены за многолетний период. Установлено, что суммарный ионный сток р. Улькен Алматы в верхнем пункте составлял 6285,7 т, а ниже по течению – 8419,4 т, т.е. по течению реки возрастает в 1,3 раза. Ионный сток р. Киши Алматы в верхнем пункте составил 7044,6 т, а ниже по течению – 23931,5 т (в среднем) - 2393,1 т), т.е. по течению реки возрастает в 3,4 раза. Нижние участки рек выносят больше карбонатных солей кальция и магния, чем верхние: р. Улькен Алматы на 190,7 т, р. Киши Алматы на 642,8 т. Изменчивость стока главных ионов рек Улькен Алматы и Киши Алматы определяется антропогенным поступлением дополнительного вещества в результате непосредственного их сброса с водосборного бассейна, мелиорации, атмосферного переноса, либо диффузного загрязнения.

**Ключевые слова:** водный сток; ионный сток; расход воды; вынос карбонатных солей; растворенные минеральные вещества.

---

## Variation of water and ion flows of Ulken Almaty and Kishi Almaty rivers during their annual cycles

Romanova S.M., Akanova G.Z. \*,  
Ponomarenko O.I.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan  
\*E-mail: gulsara\_48@mail.ru

The article presents data on water and ion flow of mineral solutes of Ulken Almaty and Kishi Almaty rivers, which are the rivers of the North slope of Ile Alatau mountains, in the annual cycle (2015). The obtained data were compared to the historic data. The total ion flow of Ulken Almaty river in the upper stream was 6285.7 tons, and downstream – 8419.4 tons, i.e., the river rises by 1.3 times. Ion flow of Kishi Almaty in the upper stream was 7044.6 tons, and the downstream – 23,931.5 tons (average) – 2393.1 tons, i.e., the river rises by 3.4 times. The downstream of rivers take away more carbonates of calcium and magnesium than the upper stream: Ulken Almaty - by 190.7 tons, Kishi Almaty – by 642.8 tons. The variability of the main flow of ions of Ulken Almaty and Kishi Almaty rivers is caused by anthropogenic receipt of additional substances as a result of their direct discharge from catchment basin, irrigation, atmospheric transport or diffusive pollution.

**Keywords:** water flow; ion flow; water consumption; removal of carbonate salts; dissolved minerals.

---

## Үлкен Алматы және Кіші Алматы өзендерінің жылдық айналымдағы су ағыны мен ион ағынының өзгерісі

Романова С.М., Аканова Г.Ж. \*,  
Пономаренко О.И.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Алматы қ., Қазақстан  
\*E-mail: gulsara\_48@mail.ru

Иле Алатауы Солтүстік беткейі өзендеріне жататын Үлкен Алматы және Кіші Алматы өзендерінің жылдық айналымдағы (2015 ж.) минералды еріген заттардың су және ион ағысы бойынша мәліметтері мақалада келтірілді. Алынған мәліметтер көпжылдық кезеңмен салыстырылды. Үлкен Алматы өзенінің иондар ағысының қосындысы жоғарғы бөлікте 6285,7 т, ал төменгі бөлікте осы айлардың ішінде 8419,4 т болды, яғни өзен ағысы бойынша 1,3 есе артады. Кіші Алматы өзенінің жоғарғы бөлігінде иондар ағысы 7044,6 т, ал төменгі бөлігінде 23931,5 т (орташа) – 2393,1 т, яғни өзен ағысы бойынша 3,4 есе артады. Өзеннің төменгі бөліктері жоғарғы бөліктерімен салыстырғанда кальций және магний карбонатты тұздарын көбірек жинайды, Үлкен Алматы өзенінің жоғарғы бөлігінде 190,7 т, ал Кіші Алматы өзенінде 642,8 т. Үлкен Алматы және Кіші Алматы өзендеріндегі басты иондардың өзгерісі су қоймаларына мелиорация, атмосфералық ауысу немесе диффузиялық ластану және антропогенді қосымша заттардың түсуі нәтижесінде пайда болады.

**Түйін сөздер:** су ағыны; ион ағыны; су шығыны; карбонатты тұздардың шығарылуы; еріген минералды заттар.



## Изменение водного и ионного стока рек Улькен Алматы и Киши Алматы в годичном цикле

Романова С.М., Аканова Г.Ж.\*, Пономаренко О.И.

Казакский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

\*E-mail: [gulsara\\_48@mail.ru](mailto:gulsara_48@mail.ru)

### 1. Введение

Ионный сток рек представляет собой интегральную характеристику процессов формирования химического состава поверхностных вод. В ненарушенных природных условиях он определяется интенсивностью физико-химических и биологических процессов, активно протекающих в системе «вода-почва-растение». В условиях техногенеза фоновые гидрохимические характеристики претерпевают трансформацию вследствие изменения геохимических путей и скорости миграции химических веществ. Дополнительное привнесение человеком в агрохозяйственные ландшафты минеральных, органических, биогенных компонентов, как правило, способствует усилению выноса веществ с поверхностным водным стоком. Минеральные вещества также привносятся в реки с коммунально-бытовыми отходами, со сточными водами предприятий животноводства, пищевой, деревообрабатывающей и химической промышленности. Это приводит к постепенной смене естественного гидрохимического фона рек.

Сведения о величине ионного стока рек представляют несомненный интерес в связи с необходимостью уточнения отдельных расчетных элементов водно-солевого баланса Капшагайского водохранилища и конечного водоема – озеро Балхаш.

Результаты систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений рек Северного склона Иле Алатау позволяют рассчитать сток минеральных веществ с территории речных бассейнов в Капшагайское водохранилище. Расчет стока химических веществ имеет большое значение не только для оценки ряда составляющих химического баланса и биологической продуктивности водоемов, но и для познания интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов, происходящих в бассейне

реки. В связи с этим изучение многолетней динамики этого процесса позволяет глубже понять характер влияния тех или иных литологических и антропогенных факторов в бассейне на формирование химического состава и качества речной воды.

Бражникова Л.В., Беремжанов Б.А. и Ибрагимова М.А. приводили данные по ионному стоку для рек всего Балхашского бассейна за 1936-1949 гг., [1, 2] и 1961-1968 гг. [3]. Невской А.Н. рассчитан ионный сток 17 рек засушливой зоны Казахстана и ей установлено, что в период пика паводка проходит до 80% ионного стока [4].

Ионный сток минеральных солей, биогенных и органических веществ, микроэлементов рек Северного склона Иле Алатау (Шилик, Турген, Улькен Алматы, Киши Алматы и Есентай) после 1968 года рассчитывался авторами [5] за 2000 – 2003 гг., и сопоставлены с данными за период 2009-2010 гг.

Целью настоящего исследования являлось выявить изменение водного и ионного стока рек Киши Алматы и Улькен Алматы по течению за 2015 г.

### 2. Эксперимент

Для расчета ионного стока указанных рек использованы результаты химического анализа ежемесячных проб воды и их водного стока рек. Всего за 2015 год отобрано 50 проб воды в верховье и нижних участках рек. Согласно рекомендациям [6] определение неустойчивых компонентов воды (рН,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , окисляемость и др.) проводилось сразу после отбора проб, остальных – в лаборатории после консервирования соответствующими реагентами.

Для определения компонентов химического состава воды были применены общепринятые в гидрохимической

практике методы. Проверка указанных методов показала, что процент ошибок не превышал допустимых значений их погрешности. Все пробы воды анализировались минимум в трех повторностях.

Ионный сток рассчитывался по общепринятой в гидрологии методике [7, 8]. Измерение расходов воды производили поверхностными поплавками с соблюдением необходимых рекомендаций [9].

Выбор репрезентативных створов наблюдений (4) на малых реках бассейна р. Или проводился исходя из обеспеченности гидрохимических створов синхронной гидрологической информацией: р. Киши Алматы – Медео, Бутаковка, п. Покровка (источник аль-Мерек); р. Улькен Алматы – 1-3 км выше микрорайона Орбита, п. Боралдай.

### 3. Результаты и обсуждение

Данные по водному стоку и стоку растворенных минеральных солей реками Улькен Алматы и Киши Алматы представлены в таблицах 1,2.

Расчет показал, что суммарный ионный сток р.Улькен Алматы в 2015 г., в верхнем пункте за 8 месяцев составлял 6285,7 т, а в нижнем за те же месяцы – 8419,4 т, т.е. по течению реки возрастает в 1,3 раза или на 2133,7 т. Река Улькен Алматы в нижнем течении выносит за 11 месяцев около 10923 т минеральных солей.

Ионный сток р. Киши Алматы в верхнем пункте составил 7044,6 т (в среднем за 10 месяцев 704,5 т), а в нижнем

за те же месяцы – 23931,5 т (в среднем) 2393,1 т), т.е. по течению реки возрастает в 3,4 раза.

Если рассматривать изменение стоков по сезонам года, то выявляется следующее. Рекой Улькен Алматы в верховье больше всего минеральных веществ выносятся летом 2986,9 т, что составляет 47,6% от годового стока (6285,7 т). Меньшее количество веществ выносятся осенью, 1360,6 т или 21,3% от годового стока. В остальные сезоны года ионный сток колеблется в пределах 12,5-18,5%. Вода р. Улькен Алматы в нижнем участке больше всего выносит веществ в осенний период (32,8% от годового стока), а зимой и весной величина стока составляет, соответственно, 2254,8 и 2398,0 т. В летнее время ионный сток здесь достигает 11,9 т, что на 35,7 т меньше, чем в верховье. Это связано с уменьшением водного стока (с 13,736 до 6,278 км<sup>3</sup>) и снижением концентрации солеобразующих ионов в 2,3-17,2 раза. Данный факт свидетельствует об изъятии воды из реки Улькен Алматы в нижнем ее течении (потери водного стока), возможно, на технические и ирригационные цели.

Рекой Киши Алматы в верховье больше всего минеральных веществ также выносятся летом 3935,4 т, что составляет 55,9% от годового стока (7045,63 т). Меньшее количество веществ выносятся осенью, 1671,2 т или 23,7% от годового стока. В остальные сезоны года ионный сток колеблется в пределах 9,7-10,7%. Вода р. Киши Алматы в нижнем участке больше всего выносит веществ в осенний период (30,4% от годового стока), а зимой, весной и летом величина стока составляет, соответственно, 4368,9 т, 5904,2 т, 6374,6 т.

Таблица 1 – Водный (км<sup>3</sup>) и ионный (т) сток р. Улькен Алматы по сезонам года, 2015 г.

Сезон	R <sub>в</sub> , км <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na+K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Σ и, т	Σ и,% годового стока
Река Улькен Алматы, верховье									
Зима	4,038	126,57	31,06	35,02	503,33	66,67	21,20	783,85	12,6
Весна	4,264	169,19	28,53	108,28	629,22	187,33	31,84	1154,39	18,5
Лето	13,736	366,74	133,36	315,99	1532,54	168,01	470,25	2986,89	47,6
Осень	6,807	179,91	70,16	76,69	878,00	125,13	30,71	1360,6	21,3
Всего	28,845	842,41	263,11	535,98	3543,09	547,14	554,00	6285,73	-
Средне годовое	3,605	105,30	32,89	67,00	442,90	68,39	69,25	785,72	-
% от годового стока	-	13,4	4,2	8,5	56,4	8,7	8,8	-	-
Река Улькен Алматы, низовье									
Зима	6,582	315,53	119,58	156,93	1153,06	191,16	318,54	2254,8	26,8
Весна	8,702	400,52	63,696	222,98	1050,09	227,17	433,51	2397,96	28,5
Лето	6,278	142,01	44,72	55,30	678,02	51,43	27,37	998,85	11,9
Осень	9,266	356,02	73,99	365,81	1068,75	632,95	270,26	2767,78	32,8
Всего	30,828	1214,08	301,98	801,02	3949,92	1102,71	1049,68	8419,39	-
Средне годовое	3,853	151,76	37,75	100,13	493,74	137,84	131,21	1052,43	-
% от годового стока	-	14,4	3,6	9,5	46,9	13,1	12,5	-	-

Величина суммарного годового ионного стока рек определяется между отдельными ионами неравномерно. Для этих рек относительно больший сток из анионов приходится на ионы  $\text{HCO}_3^-$  (46,9-65,8%) и составляет 3543,1-12186,6 т (без пересчета на  $\text{CO}_3^{2-}$ ), причем в нижних участках вынос гидрокарбонатных ионов становится меньше на 9,5-14,9 т. Сток, приходящийся на сульфатные и хлоридные ионы, составляет для р. Улькен Алматы в верховье, соответственно 8,7 и 8,8%, а для низовья, соответственно, 13,1-12,5% от годового стока. Сток, приходящийся на сульфатные и хлоридные ионы, для р. Киши Алматы в верховье составляет, соответственно 6,6 и 3,1%, а для низовья, соответственно, 17,8-5,4 % от годового стока.

Из катионов больше всего выносятся  $\text{Ca}^{2+}$  (10,6-16,3%), его суммарный сток составляет 842,4 - 2542,4 т, причем в нижних участках его больше на 371,7 т для р. Улькен Алматы и на 1390,7 т для р. Киши Алматы. Меньший суммарный сток приходится на остальные катионы:  $\text{Na}^+\text{K}^+$  – для р. Улькен Алматы 536,0-801,0 т (8,5-9,5%), для р. Киши Алматы 310,3-2472,0 т (4,4-10,30%);  $\text{Mg}^{2+}$  – для р. Улькен Алматы 263,1-302,0 т (3,6-4,2%), для р. Киши Алматы 265,1-1193,6 т (3,8-5,0%).

Для этих исследуемых рек с возрастанием водности года или сезона происходит увеличение ионного стока (например, у р. Улькен Алматы коэффициент корреляции равен 0,89-0,95).

Представляет интерес рассчитать вынос гипотетических гидрокарбонатов кальция и магния в пересчете на

карбонаты кальция и магния по среднегодовым значениям концентрации соответствующих ионов и водному стоку (таблица 3). Установлено, что вынос  $\text{CaCO}_3$  рекой Улькен Алматы в верховье составляет 272,6 т, в низовье - 419,7 т, соответственно, вынос  $\text{MgCO}_3$  составляет 71,1 и 114,7 т. Для р. Киши Алматы вынос  $\text{CaCO}_3$  в верховье составляет 236,5 т, в низовье - 604,8 т, соответственно, вынос  $\text{MgCO}_3$  составляет 72,3 и 346,8 т. Как и следовало ожидать, нижние участки рек выносят больше карбонатных солей, чем верхние: р. Улькен Алматы на 190,7 т, р. Киши Алматы на 642,8 т.

Сопоставляя результаты исследований с данными за предшествующие годы, отметим следующее. За период с марта 2009 г по июль 2010 г (16 месяцев) водой р. Улькен Алматы в верховье вынесено 5486 т минеральных солей, а в низовье - 7135 т, причем на долю бикарбоната кальция (в пересчете на карбонат кальция) приходится в среднем 68 % от суммы всех солей [5]. Рекой Киши Алматы в верховье (Медео) за период с марта по ноябрь 2009 г. вынесено 3039 т веществ, из них гидрокарбоната кальция - 2833 т, а с января по май 2010 г., соответственно, 1737 и 1247 т, что составляет с средним за этот период 82% от суммы всех минеральных солей. В нижнем участке реки Киши Алматы водой было вынесено за 10 месяцев 2009 г. 18952 т солей, причем на долю гидрокарбоната кальция приходится 63%, а за 6 месяцев 2010 г., соответственно, 10568 т и 64%. Из данных таблицы 2 следует, что р. Киши Алматы, протекая через город Алматы, обогащается минеральными веществами на 24,7 тыс. т, иными словами, вынос солей

**Таблица 2** – Водный ( $\text{км}^3$ ) и ионный (т) сток р. Киши Алматы по сезонам года, 2015 г.

Сезон	$R_{\text{в}} \text{ км}^3$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Cl	$\Sigma$ и, т	$\Sigma$ и, % годового стока
Река Киши Алматы, верховье									
Зима	3,615	136,1	25,98	17,78	510,6	43,86	19,57	753,98	10,7
Весна	3,878	117,8	21,37	36,61	412,1	58,97	38,21	685,12	9,7
Лето	17,62	642,6	128,1	210,5	2582,45	242,38	129,24	3935,36	55,9
Осень	7,241	255,08	89,61	45,38	1127,42	122,68	31,00	1671,17	23,7
Всего	32,36	1151,69	265,07	310,34	4632,62	467,89	218,02	7045,63	-
Средне годовое	3,24	115,17	26,51	31,03	463,26	46,79	21,80	704,56	-
% от годового стока	-	16,3	3,8	4,4	65,8	6,6	3,1	-	-
Река Киши Алматы, низовье									
Зима	6,820	558,91	255,99	282,22	2261,2	724,07	286,46	4368,9	18,3
Весна	8,676	637,67	248,33	695,85	2758,5	1251,10	312,74	5904,2	24,7
Лето	11,790	552,96	295,53	818,05	3488,8	870,09	349,14	6374,6	26,6
Осень	11,090	792,83	393,74	675,92	3678,1	1411,43	331,93	7283,9	30,4
Всего	38,38	2542,37	1193,59	2472,04	12186,6	4256,7	1280,3	23931,6	-
Средне годовое	3,84	254,24	119,36	247,20	1218,7	425,67	128,03	2393,2	-
% от годового стока	-	10,6	5,0	10,3	50,9	17,8	5,4	-	-

**Таблица 3** – Среднегодовой вынос карбонатов кальция и магния реками Улькен Алматы и Киши Алматы, 2015 г.

Река, пункт	Водный сток, км <sup>3</sup>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> в пересчете на CaCO <sub>3</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> в пересчете на MgCO <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> в пересчете на CaCO <sub>3</sub>	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> в пересчете на MgCO <sub>3</sub>
		мг/л		Т	
р.УА, верховье	3,61	75,5	19,7	272,6	71,1
р.УА, низовье	3,85	109,0	29,8	419,7	114,7
р.КА, верховье	3,24	73,0	22,3	236,5	72,3
р.КА, низовье	3,84	157,5	90,3	604,8	346,8

возрастает более чем в 6 раз на нижнем участке по сравнению с верховьем.

Следует отметить, что площадь водосбора р. Киши Алматы больше (1240 км<sup>2</sup>) в 2,7 раза по сравнению с р. Улькен Алматы (461 км<sup>2</sup>), а средний за 2015 г., расход воды при выходе из гор р. Улькен Алматы (1,37 м<sup>3</sup>/с), р. Киши Алматы (1,22 м<sup>3</sup>/с) и в устьевых участках, соответственно, 1,40 м<sup>3</sup>/с и 1,44 м<sup>3</sup>/с мало отличаются. Этим объясняется большой вынос солей рекой Киши Алматы по сравнению с р. Улькен Алматы.

#### 4. Заключение

На основании данных химического состава воды рек Улькен Алматы и Киши Алматы и их водного стока

за различные сезоны года 2015 г. рассчитан ионный сток минеральных веществ. Установлено, что суммарный ионный сток р. Улькен Алматы в верхнем пункте составлял 6285,7 т., а нижнем за те же месяцы – 8419,4 т, т.е. по течению реки возрастает в 1,3 раза. Ионный сток р. Киши Алматы в верхнем пункте составил 7044,6 т, а нижнем – 23931,5 т (в среднем) - 2393,1 т, т.е. по течению реки возрастает в 3,4 раза.

Нижние участки рек выносят больше карбонатных солей кальция и магния, чем верхние: р. Улькен Алматы на 190,7 т, р. Киши Алматы на 642,8 т.

Изменчивость стока главных ионов рек Улькен Алматы и Киши Алматы определяется антропогенным поступлением дополнительного вещества в результате непосредственного их сброса с водосборного бассейна, мелиорации, атмосферного переноса, либо диффузного загрязнения.

#### Список литературы

- 1 Алекин О.А., Бражникова Л.В. Сток растворенных веществ с территории СССР. – М.: Наука, 1964. – С.215.
- 2 Бражникова Л.В. Ионный сток рек СССР. – Диссер. на соиск. уч. ст. к.г.н. – Иркутск, 1961. – С.250.
- 3 Ибрагимова М.А. Физико-химическая характеристика воды рек бассейна оз.Балхаш. – Диссер. на соиск. уч. ст. к.х.н. – Алма-Ата, 1969. – С.245.
- 4 Невская А.И. Гидрохимическая характеристика поверхностного стока засушливых районов Казахстана // Вестник АН КазССР. – 1956. – №9. – С.43-52.
- 5 Романова С.М., Куншыгар Д.Ж., Аканова Г.Ж. Вынос минеральных солей реками северного склона Иле Алатау // Поиск. – 2015. – №2. – С.141.
- 6 Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С.541.
- 7 Никаноров А.М. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С.351.
- 8 Алекин О.А., Бражникова Л.В. Методы расчета ионного стока // Гидрохимические материалы. – 1963. – С.135-149.
- 9 Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – С.447.

#### References

- 1 Alekin OA, Brazhnikova LV (1964) Flow of solutes from the territory of the USSR [Stok rastvorenykh veshchestv s territorii SSSR]. Nauka, Moscow, USSR. P.215. (In Russian)
- 2 Brazhnikova LV (1961) Ion flow of rivers of USSR [Ionnyy stok rek SSSR]. Dissertation for Candidate of Geographic Sciences. Irkutsk, USSR. P.250. (In Russian)
- 3 Ibragimova MA (1969) Physico-chemical characteristics of water Balkhash lake basin [Fiziko-khimicheskaya kharakteristika vody rek basseyna oz.Balkhash]. Dissertation for Candidate of Chemistry Sciences. Alma-Ata, USSR. P.245. (In Russian)
- 4 Nevskaya AI (1956) Bulletin of AS of KazSSR [Vestnik AN KazSSR] 9:43-52. (In Russian)
- 5 Romanova SM, Kunshygar DZ, Akanova GZ (2015) Search [Poisk] 2:141. (In Russian)
- 6 Semenov AD (1977) Guidelines for chemical analysis of surface waters [Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh

- 
- vod sushi]. Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR. P.541. (In Russian)
- 7 Nikanorov AM (1989) Hydrochemistry [Gidrokhimiya]. Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR. P.351. (In Russian)
- 8 Alekin OA, Brazhnikova LV (1963) Hydrochemical materials [Gidrokhimicheskie materialy] 35:149. (In Russian)
- 9 Bykov VD, Vasilev AV (1974) Hydrometry [Gidrometriya]. Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR. P.447. (In Russian)