

УДК 556.048+556.01

А.Г. Чигринец\*, Л.П. Мазур,  
М.Н. Раченков, Ш.М. Исмаилов

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

\*E-mail: ch.al.georg@mail.ru

**Сток и русловой водный баланс малых рек города Алматы  
в пределах городской территории**

Приведены результаты исследований характеристик годового стока воды малых рек г. Алматы за многолетний период, с использованием имеющихся данных кадастровых материалов «Казгидромета» за весь период наблюдений, по 2011 год включительно, с учетом влияния хозяйственной деятельности. Проанализированы результаты исследований руслового водного баланса малых рек города в пределах его границ, проведенных в 2006, 2007 и 2013 гг. для выявления зон фильтрационных потерь руслового стока и зон выклинивания грунтовых вод в русла рек.

**Ключевые слова:** сток воды, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, обеспеченность, расход воды, русловой водный баланс, водозабор, сброс, фильтрация, выклинивание, подпор, переброска стока.

A.G. Chigrinets, L.P. Mazur, M.N. Rachenkov, Sh.M. Ismailov

**Runoff and channel way water balance of small rivers in Almaty within urban areas**

There were given the results of studies of the annual water runoff characteristics of small rivers in Almaty for a long-term period using available data of inventory submissions of "Kazhydromet" for the entire observation period including 2011 and taking into account the impact of agricultural economy activity. As well there were analyzed the results of studies of the channel water balance of small city rivers within its borders that were conducted in 2006, 2007 and 2013 in order to identify areas of abstraction losses in the streamflow, and areas of groundwater seepage into the rivers channel ways.

**Key words:** runoff, coefficient of variability, coefficient of skew, exceedance probability, duty of water, water balance of the channel way, water intake, water removing, filtering, thinning, backwater, run-off diversion.

А.Г. Чигринец, Л.П. Мазур, М.Н. Раченков, Ш.М. Исмаилов

**Алматы қаласының шеткі аумақтарындағы кіші өзендердің ағындысы және арналық су теңдестігі**

Алматы қаласы маңындағы кіші өзендердің жылдық ағынды сипаттамаларын «Казгидрометтің» 2011 жылды қоса алғанда, барлық бақылау жылдары бойынша кадастрлық материалдар деректерін пайдаланып, адамның шаруашылық іс-әрекетін есепке ала отырып зерттеу нәтижелері келтірілді. Қала маңы шетіндегі кіші өзендердің арналық су теңдестігін 2006, 2007 және 2013 жылдардағы зертеу нәтижелерін арналық ағындының сүзгілік шығынын және өзен арналарына грунттық сулардың босау зонасын айқындау үшін талданды.

**Түйін сөздер:** ағынды сулар, вариация коэффициенті, асимметрия коэффициенті, қамтамасыздық, су өтімі, арналық су теңдестігі, су алу, қайтарма су, сүзілу, босау, тежелу, ағындыны бұру.

Рассматриваемые в работе 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 промышленности, энергетике, рекреации и для других целей. От их экологического состояния зависит здоровье и благополучие городского населения. Для ра-

ционального использования водных ресурсов, охраны рек от загрязнения и истощения разработан и осуществляется ряд программ и проектов, таких, как: «Комплексная программа оздоровления экологической обстановки г. Алматы на период 1999-2015 годы «Таза ауа – Жанга Дауа (ТАЖД)»; «Комплексная схема планирования и градостроительного регулирования развития

территории пригородной зоны г. Алматы», «Положение о водоохранных зонах и полосах малых рек и водоемов г. Алматы», «Схема орошения г. Алматы», «Реконструкция отдельных участков водоохранных полос и русел рек в черте города Алматы», «Составление карты прогнозных подтоплений г. Алматы» и др.

Территория города Алматы располагается на предгорном шлейфе, образованном слившимися конусами выноса малых рек. Он является зоной интенсивного поглощения поверхностного стока рек, ирригационных вод и атмосферных осадков. Поверхностные и подземные воды в исследуемом районе имеют тесную связь. При движении с гор в долину р. Иле они могут неоднократно переходить из одного положения в другое. При антропогенном воздействии на поверхностный или подземный сток нарушается режим и водный баланс обоих видов стока.

Интенсивные откачки подземных вод в зоне высачивания для производственных и иных нужд оказывают на реки «карасу» тройное влияние:

- 1) истоки рек «карасу» смещаются севернее от конусов выноса;
- 2) уменьшается водность рек из-за уменьшения родникового высачивания в руслах;
- 3) сглаживаются сезонные колебания уровня воды в реках [1-5].

В то же время интенсивная инженерная перепланировка городской территории, строительство транспортных развязок, засыпка долин рек карасу и снижение оттока выклинивающихся вод создают условия для поднятия уровня грунтовых вод и подтопления зданий, сооружений в северной части города. Всё вышеизложенное свидетельствует о необходимости исследования в данном районе взаимосвязи поверхностных и подземных вод и повышает роль исследований руслового водного баланса малых рек города.

При проведении исследований внимание было уделено русловому балансу как основных рек города Алматы: Киши Алматы с протокой Есентай, Улькен Алматы и Каргалы, так и рекам «карасу»: в бассейне Улькен Алматы – р. Боролдай и р. Джигитовка; в бассейне Киши Алматы – рр. Ащыбулак, Теренкара, Султан-Карасу, Улькен Карасу (Мойка-Карасу), р. Карасу-Турксиб,

а также некоторым рекам – «карасу» без названий, притокам р. Киши Алматы [6].

Исследования руслового водного баланса рек г. Алматы проводились в 2006, 2007 и 2013 годах для выявления и уточнения значений потерь стока, а также руслового выклинивания подземных вод и изменения их величин во времени.

Измерения руслового водного баланса производились с применением изложенной ниже методики по участкам, в пределах городских границ. Длина участков на основных реках составляла от 8,72 км (р. Каргалы) до 34,1 км (р. Есентай), а для рек «карасу» – от 7,27 км (р. Карасу б/н, сброс с КазПАС) до 16,2 км (р. Боролдай), таблица 1. Схема-ёлочка гидрографической сети малых рек г. Алматы представлена на рисунке 1, а данные о среднем многолетнем годовом стоке и годовом стоке различной обеспеченности малых рек города Алматы по данным кадастровых материалов [7-13] приводятся в таблице 2.

Для анализа результатов полевых исследований и расчета руслового водного баланса (РВБ) малых рек г. Алматы приняты уравнения:

- 1) для зоны потерь поверхностного стока в рыхлых отложениях конусов выноса:

$$S_{\phi} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{пр}} - Q_{\text{н}} - Q_{\text{вз}} + Q_{\text{вс}}, \quad (1)$$

где  $S_{\phi}$  – абсолютная величина потерь на фильтрацию, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{в}}$  и  $Q_{\text{н}}$  – соответственно расходы воды в верхнем и нижнем створах, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{пр}}$  – суммарный расход боковых притоков, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{вз}}$  – суммарный водозабор на участке, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{вс}}$  – суммарный расход возвратных поверхностных вод, сбрасываемых в реку с полей орошения и другие сбросы в реку на участке, м<sup>3</sup>/с;

- 2) для зоны разгрузки подземных вод в русла рек «карасу»:

$$S_{\text{гр}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{в}} + Q_{\text{вз}} - Q_{\text{пр}} - Q_{\text{вс}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{гр}}$  – абсолютная величина выклинивания подземных вод, м<sup>3</sup>/с.

На выбранных балансовых участках измерения производились в бездождевые периоды с учетом времени добегания и с учетом ошибки измерений расходов гидрометрической вертушкой.

**Таблица 1** – Длина участков исследования руслового водного баланса (РВБ) малых рек г. Алматы

№ п/п	Река	Длина участка РВБ, км
Основные реки города (с протоками)		
1	Каргалы	8,72
2	Улькен Алматы (Большая Алматинка)	30,1
3	Киши Алматы (Малая Алматинка)	26,0
4	Есентай (Весновка) – левая протока Киши Алматы	34,1
5	Жарбулак (Казачка) – правая протока Киши Алматы	18,8
Реки «карасу»		
1	Боролдай (Бурундай)	16,2
2	Джигитовка (с системой прудов АО БЕНТ)	11,2
3	Большая Карасу (Мойка-Карасу)	15,9
4	Султанка (Султан-Карасу)	14,7
5	Ащыбулак	8,55
6	Теренкара	8,55
7	Карасу (Карасу-Турксиб)	12,3
8	Карасу б/н (сброс с КазПАС), левобережный приток р. Киши Алматы	7,27
9	Сасыбулак (правобережный приток р. Киши Алматы)	7,85

Для сопоставления русловых водных балансов различных рек были применены не абсолютные величины потерь и выклинивания, а значе-

ния удельных потерь ( $Sl_{\phi}$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \times \text{км}$ ) и выклинивания ( $Sl_{\text{тр}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \times \text{км}$ ) расхода воды на единицу длины участка реки:

$$Sl_{\phi} = \frac{Q_{\text{в}} + Q_{\text{пр}} - Q_{\text{н}} - Q_{\text{вз}} + Q_{\text{вс}}}{L}, \quad (3)$$

$$Sl_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{в}} + Q_{\text{вз}} - Q_{\text{пр}} - Q_{\text{вс}}}{L}, \quad (4)$$

где  $L$  – длина расчетного воднобалансового участка, км. Остальные обозначения прежние [4].

Анализ результатов измерений РВБ основных рек и рек «карасу» г. Алматы показал, что,

как в бассейне р. Улькен Алматы, так и р. Киши Алматы, зона выклинивания стока рек «карасу» начинается ниже пр. Райымбека, т.е. ниже горизонтали 540 м БС.

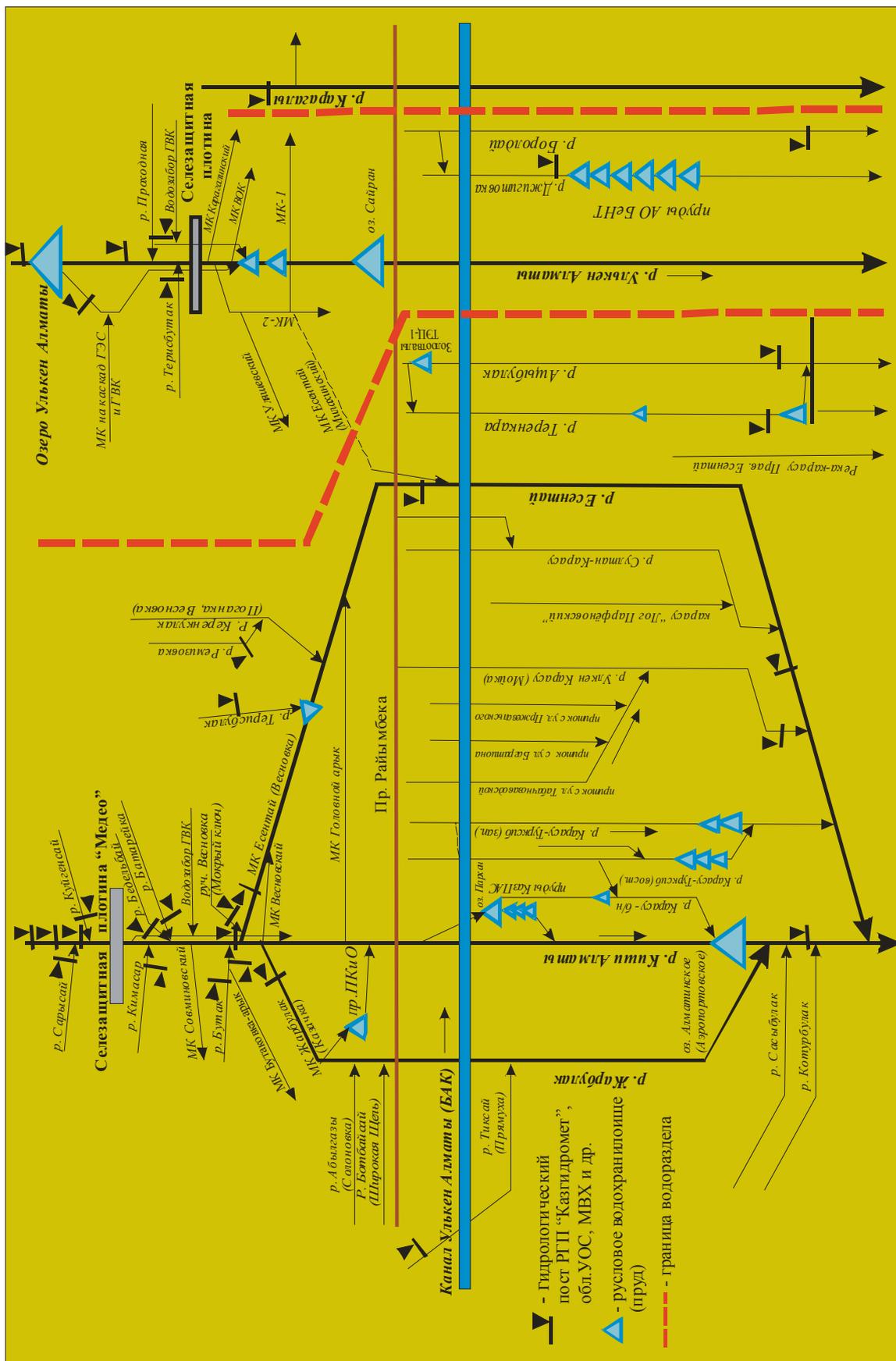


Рисунок 1 – Схема-ёлочка гидрографической сети малых рек города Алматы

Таблица 2 – Средний многолетний годовой сток и годовой сток различной обеспеченности малых рек города Алматы, с использованием данных [6-13]

№ п/п	Река – пункт	Водосбор		Период наблюдений	Число лет с подсчетом стока	Сред. за период наблюдений, м <sup>3</sup> /с	Q <sub>0</sub> , за много-летний период, м <sup>3</sup> /с	Принятые значения											
		площадь, км <sup>2</sup>	сред. высота, м					1%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	97%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	
Бассейн р. Киши Алматы																			
1	Киши Алматы – Мын-жилки	21,0	3660	1936-38, 1941-42, 1946-1997, 2000-2011	69	0,27	0,27	0,28	0,80	0,49	0,41	0,37	0,31	0,26	0,21	0,18	0,17	0,16	
2	Киши Алматы – альп база Тулюксу (Ворота)	28,0	3250	1939-57, 1972-73, 1981-97, 2005-2011	45	0,92	0,88	0,23	0,64	1,44	1,25	1,15	1,00	0,86	0,73	0,64	0,59	0,56	
3	Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай	45,2		1973-2011	39	1,39	1,39	0,17	0,16	1,97	1,79	1,70	1,55	1,38	1,23	1,09	1,01	0,96	
4	Киши Алматы – г. Алматы*	118	2560	1927-1973	47	2,23	2,23	0,17	0,29	3,19	2,88	2,73	2,48	2,21	1,97	1,76	1,64	1,57	
				1974-2011	38	1,83	1,83	0,24	0,086	2,88	2,56	2,40	2,13	1,82	1,53	1,27	1,12	1,02	
5	Киши Алматы, протока Жарбулак (Казачка) – г. Алматы	-	-	1963, 1976-80	6	(0,79) вегетац.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Киши Алматы, рук. Есентай (Весновка) – г. Алматы (база МВД)	28,0	-	1965-74	10	0,060	0,061	0,24	0,47	0,10	0,087	0,080	0,070	0,060	0,051	0,043	0,039	0,037	
7	Есентай (Весновка) – с. Заря Востока	-	-	1948-59, 1961-63	15	(0,34) вегетац.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Киши Алматы – с. Покровка, в 5 км выше устья р. Котурбулак	-	-	1962-63, 1965-78	16	1,05	1,12	0,26	0,60	1,92	1,64	1,51	1,30	1,09	0,91	0,77	0,70	0,65	
9	Есентай (Султан-Карау) – с. Покровка, в 1 км в СЗ от села			1964-67, 1978	5	2,54	2,60	0,14	0	3,45	3,20	3,07	2,85	2,60	2,36	2,13	2,00	1,92	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20
10	Сарысай – устье	10,0	2760	1942-44, 1946, 1948-66, 1969-98	53	0,16	0,16	0,23	0,35	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10
11	Руч. Куйгенсай (Горельник) – турбаза «Горельник» (устье)	11,9	2930	1940-44, 1950-88	44	0,21	0,21	0,31	0,60	0,38	0,32	0,29	0,25	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10
12	Кимасар – устье (Д.О. им. Х-летия КазССР, Медео)	7,60	2340	1934-72	39	0,13	0,13	0,29	0,23	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,10	0,085	0,075	0,069
13	Бедельбай (Казашка) – Д. О. Просвещенцев (устье)	5,91	2180	1941-72	32	0,081	0,080	0,34	1,10	0,16	0,13	0,12	0,095	0,075	0,060	0,050	0,045	0,042
14	Батарейка – Д. О. Просвещенцев (устье)	5,55	2240	1941-44, 1946-98, 2011	58	0,067	0,068	0,35	0,73	0,14	0,11	0,10	0,082	0,065	0,051	0,040	0,034	0,031
15	Бутак (Бутаковка) – с. Бутаковка	17,2	2120	1940-44, 1946-2011	71	0,23	0,23	0,34	0,48	0,44	0,37	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13	0,11	0,096
16	Бутак (Бутаковка) – устье	24,8	1960	1950-69	20	0,26	0,26	0,44	0,53	0,58	0,47	0,41	0,33	0,24	0,18	0,13	0,11	0,091
17	Тиксай (Прямуха, Прямая цель) – г. Алматы (к/х Луч Востока)	31,4	1410	1937, 1940, 1941, 1943-46, 1948-66, 1968-71, 1973-85	33	0,12	0,12	0,37	1,03	0,25	0,20	0,18	0,14	0,11	0,085	0,068	0,060	0,056
18	Терисбулак (Каменка) – сан. Каменское Плато	6,59	1640	1940-41, 1948-51, 1953-73, 1976, 1978, 1980, 1982-85	34	0,039	0,037	0,33	0,83	0,073	0,060	0,053	0,044	0,035	0,028	0,023	0,020	0,019
19	Ремизовка – с. Ремизовка	4,24	1750	1941, 1945-46, 1948-73, 1976-80, 1982-84	36	0,033	0,032	0,38	1,00	0,069	0,055	0,048	0,039	0,030	0,023	0,018	0,016	0,015
20	Улкен Карасу (Мойка) – устье			1968-73, 1975-80	12	0,19	0,19	0,69	1,77	0,65	0,45	0,37	0,25	0,16	0,10	0,066	0,055	0,050
21	Зап. Теренкара (Теренкара 1) – свх. Алма-Ата			1965-79	15	0,58	0,71	1,09	2,25	3,56	2,26	1,68	0,98	0,45	0,18	0,068	0,040	0,031
22	ручей Ашибулак – с. Карасу			1965-69, 1971-79	14	0,28	0,28	0,24	$C_5=2C_6$	0,46	0,40	0,37	0,32	0,27	0,23	0,22	0,18	0,17

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Бассейн р. Улькен Алматы</b>																			
23	Улькен Алматы – в 1,1 км выше оз. Улькен Алматы	71,8		1928-1930, 1951-1998, 2000-2011	63	1,74	1,68	0,23	0,80	2,80	2,39	2,20	1,91	1,63	1,40	1,23	1,15	1,09	
24	Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная	155	3120	1952-1989	38	2,93**	2,93**	0,14**	0,56**	4,05**	3,66**	3,47**	3,19**	2,89**	2,64**	2,43**	2,33**	2,26**	
25	Проходная-устье	82	3160	1990-1998, 2004-2006, 2008-2011	16	1,04	1,10	0,59	1,22	3,15	2,34	1,97	1,45	0,97	0,62	0,40	0,30	0,24	
26	Терисбутақ – устье	31,0	2250	1951-2011	61	1,60	1,58	0,17	0,00	2,21	2,02	1,92	1,76	1,58	1,40	1,24	1,14	1,08	
27	Боролдай (Бурундай) - с. Боролдай			1947-2011	65	0,45	0,46	0,34	0,78	0,91	0,75	0,67	0,55	0,44	0,35	0,28	0,24	0,22	
28	Джигитовка – мкр. Красный Трудовик			1965-1974	10	0,36	0,36	0,20	0,17	0,53	0,48	0,45	0,40	0,36	0,31	0,27	0,24	0,23	
				1965-1974	10	0,11	0,11	0,29	0,40	0,19	0,16	0,15	0,13	0,10	0,085	0,069	0,06	0,054	
<b>Бассейн р. Каргалы</b>																			
29	Каргалы -клх.им. Чапаева	44,9	2770	1938-41, 1944-61, 1963-83	43	0,61	0,61	0,26	0,50	1,04	0,90	0,82	0,71	0,60	0,50	0,42	0,38	0,35	

*Примечание:* \*<sup>1</sup> – 1) по гидропосту р. Клиши Алматы – г. Алматы приведены данные за период с 1927 до 1973 гг. – условно естественного стока, за период с 1974 по 2011 гг. – бытового стока. При определении нормы необходимо учитывать сведения о водозаборе по г/л р. Бутақ (Бутаковка) – арык по данным [14]; водозабора Горводоканала (ГВК) по данным [15], а также МК Совминовский;

\*\*<sup>2</sup> – 2) по гидропосту р. Улькен Алматы – в 2 км выше устья р. Проходная в числителе приведены данные условно-естественного стока за период 1952-1989 гг., а в знаменателе – наблюденного бытового стока за период 1990-1998, 2004-2006 и 2008-2011 гг. При определении среднегодичного стока за период 1990-2011 гг. необходимо учитывать водозабор на каскад ГЭС и нужды Горводоканала (ГВК) по каналу деривации, расход в котором по данным кадастровых материалов в среднем составляет 2,17 м<sup>3</sup>/с.

*Русловой водный баланс р. Каргалы* в 2007 г. показал, что в пределах города имеется только зона потерь стока, удельная величина которых изменяется от 3 (участок до ул. Шаляпина) до 14 л/с на 1 км (участок до п. Алгабас), в среднем составляя около 9 л/с на 1 км.

*Русловой водный баланс р. Улькен Алматы* в 2007 и 2013 гг. показал, что в пределах верхней части города (до пр. аль-Фараби) проведение измерений РВБ практически невозможно в связи с наличием закрытых водозаборов и сбросов по длине реки, связанных с интенсивным хозяйственным использованием. Поэтому работы проводились ниже водохранилища сезонного регулирования Сайран. Весной 2007 г. сток в нижний бьеф водохранилища был ограничен в связи с его заполнением. Это позволило более точно определить величину удельного выклинивания в русло р. Улькен Алматы в нижней ча-

сти города. Удельное выклинивание изменялось от 16 л/с на 1 км на верхнем участке (до БАКа) до 6 л/с на 1 км на нижнем участке (до пгт. Борлдай). В 2013 г. работы проводились осенью, в период пониженных уровней грунтовых вод, поэтому на верхнем участке (до пр. Рыскулова) были зафиксированы потери стока до 390 л/с на 1 км, а на нижнем – выклинивание до 36 л/с на 1 км длины реки.

*Русловой водный баланс р. Киши Алматы* проводился весной 2007 и осенью 2013 гг. В 2007 г. на участке от гидропоста РГП «Казгидромет» – г. Алматы (Дамба) до канала Улькен Алматы выявлена зона потерь руслового стока. Удельное их значение составило 18 л/с на 1 км на участке до ул. Макатаева и 0,10 л/с на 1 км на участке до канала Улькен Алматы. Измерение расхода воды в створе р. Киши Алматы – г. Алматы показано на рисунке. 2.



**Рисунок 2** – Измерение расхода воды при исследовании руслового водного баланса р. Киши Алматы («Дамба», 2013 г.)

Ниже канала Улькен Алматы начинается зона выклинивания грунтового стока, величина которого от канала Улькен Алматы до руслового водохранилища Алматинского составила 65 л/с на 1 км. На участке водохранилища отмечена зона потерь стока, связанная с испарением и повторной фильтрацией через ложе водохранилища. От вдхр. Алматинского до п. Альмерек (северная граница города) следует участок выклинивания, величина которого составила 32 л/с на 1 км. РВБ 2013 г. на участке от гидропоста р. Киши Алматы – г. Алматы до ул. Макаатаева показал зону потерь руслового стока с удельным расходом 68 л/с на 1 км. Затем следует участок до канала Улькен Алматы с величиной выклинивания до 31 л/с на 1 км, а далее на участке до вдхр. Алматинского значение удельного выклинивания снижается до 13 л/с на 1 км.

**Русловой водный баланс р. Есентай (левая протока р. Киши Алматы)** в 2007 г. показал, что до пр. аль-Фараби отмечен участок потерь руслового стока, удельная величина которого в среднем составила 23 л/с на 1 км. Затем до пр. Райымбека следует зона транзита стока. Это связано с облицовкой русла бетоном и значительным снижением русловых потерь. От пр. Райымбека до устья р. Султанка выявлена зона выклинивания, удельная величина которого составляет до канала Улькен Алматы 34 л/с на 1 км. Затем до пересечения с железной дорогой величина удельного выклинивания снижается до 4 л/с на 1 км, что также связано со стабилизацией русла облицовкой его бетоном. На нижнем участке до слияния с рекой «карасу» Султанкой удельное выклинивание возрастает до 45 л/с на 1 км. Затем оно снижается практически до нуля. РВБ 2013 г. выявил зону потерь стока от вододельителя до пр. Райымбека, причем на участке до пр. аль-Фараби удельная величина потерь составила 46 л/с на 1 км, а затем к пр. Райымбека она возрастает до 64 л/с на 1 км. Затем следует зона выклинивания, причем на участке от пр. Райымбека до ж.д. моста Алматы I удельное выклинивание составило 54 л/с на 1 км. Следующий затем участок до устья р. Султанки, отмеченный ранее как участок выклинивания, в 2013 г. показал потери стока в размере 39 л/с на 1 км. Это свидетельствует о возможном наличии неучтенного водозабора, что было сложно выявить в связи с недоступностью отдельных участков реки в пределах частной застройки. На участке

от устья р. Султанки до северной границы города (ниже устья р. Карасу-Турксиб) удельная величина выклинивания составила 66 л/с на 1 км.

**Русловой водный баланс р. Жарбулак (правая протока р. Киши Алматы)** в 2007 г. показал, что на участке ниже ул. Кабанбай Батыра до канала Улькен Алматы отмечена зона выклинивания стока, удельное значение которого составило 12 л/с на 1 км. Однако в нижнем течении получены удельные потери в 11 л/с на 1 км длины реки. Измерения руслового водного баланса 2013 г. выявили зону транзита стока от гидротехнических сооружений по ул. Горная до ул. Митина и далее до ул. Кабанбай батыра. Ниже по течению, несмотря на наличие притока трех горных источников – рр. Абылгазы, Ботбайсай и Тиксай, по длине протоки Жарбулак к устью имеют место удельные потери, составившие 4 л/с на 1 км.

**Русловой водный баланс р. Боролдай** в 2006 г. выявил неравнозначное выклинивание по длине реки. Так, на верхних участках исследований от истоков до мкр. Кок-Кайнар наибольшие значения удельного выклинивания составили от 33 до 66 л/с на 1 км длины русла реки. Затем следует участок (4 км) потерь, связанный с водозаборами в пределах вышеуказанного микрорайона и ухудшением свободного оттока по руслу в связи с его засорением. Величина потерь составила 6 л/с на 1 км длины русла. Участок измерения РВБ, расположенный ниже мкр. Кок-Кайнар вплоть до выхода р. Боролдай за пределы городской территории, также показал потери стока. Это обусловлено как переброской части стока в бассейн соседней реки «карасу» Джигитовка, так и водозаборами в пределах мкр. Красный Трудовик. Русловой водный баланс, измеренный на этой же реке в 2007 году, показал снижение удельных значений грунтового выклинивания. Величина его в среднем для всей реки в пределах города незначительная и составляет около 2 л/с на 1 км длины участка, что обусловлено интенсивным освоением долины реки, засыпкой грунтом и застройкой частными домостроениями как долины реки, так и её поймы. Проведение измерений РВБ и предварительное обследование русла в связи с этим весьма затруднено.

**Русловой водный баланс реки Джигитовка** и системы прудов АО БеНТ показал наличие как участка притока грунтовых вод от п. Коккайнар

до канала перетока из р. Боролдай, так и участка потерь от канала Улькен Алматы до пересечения реки с железной дорогой на Алматы-1. В 2006 г. значение удельного выклинивания на верхнем участке до автодорожного моста п. Коккайнар составило 15 л/с на 1 км длины участка реки, на участке до канала переброски части стока из р. Боролдай – 5 л/с на 1 км длины участка реки. В 2007 году значения удельного выклинивания на этих же участках составили, соответственно, 32 и 4 л/с на 1 км длины участка. Ниже пересечения с каналом Улькен Алматы на реке Джигитовка расположены шесть русловых водохранилищ, эксплуатируемых ТОО БеНТ в качестве рыбообразных прудов. Естественный режим стока реки нарушен. На момент замеров переброски стока воды из р. Боролдай в р. Джигитовка отсутствовала. Замеры на участке от канала Улькен Алматы до пересечения с железной дорогой выявили потери, удельное значение которых составило 2 л/с на 1 км длины участка, что связано с потерями на фильтрацию через ложе и испарением с поверхности рыбообразных прудов АО БеНТ.

**Русловой водный баланс р. Ащыбулак** проводился на участке от истоков (п. Курылысшы) до слияния с р. Теренкара у пгт. Боролдай. Проведение работ осложнено наличием в верховьях реки золоотвала ТЭЦ-1. В связи с этим река по длине исследования была разбита на два участка: до золоотвала и после него. В 2006 г. верхний участок не обследовался. Измерения были проведены на участке ниже мкр. Улжан до канала Улькен Алматы. Были определены удельные значения выклинивания, которые составили 49 л/с на 1 км участка реки. В 2007 г. проведены более подробные исследования РВБ р. Ащыбулак, так как на верхнем участке сток реки по каналу перебрасывается в р. Теренкара. Значение удельного выклинивания на участке выше золоотвалов ТЭЦ-1 составило 110 л/с на 1 км длины участка. Это второй показатель по величине выклинивания грунтовых вод среди рек «карасу» города после р. Султанка. На участке повторного формирования стока ниже золоотвалов ТЭЦ-1 и до канала Улькен Алматы значение удельного выклинивания составило 37 л/с на 1 км длины участка, а ниже, на участке от канала Улькен Алматы до слияния с р. Теренкара, удельное выклинивание составило 19 л/с на 1 км длины участка реки.

**Русловой водный баланс р. Теренкара**, измеренный в 2006 г. на участке от истоков (п. Курылысшы) до пересечения с каналом Улькен Алматы, выявил значение удельного выклинивания 87 л/с на 1 км длины участка (с учетом переброски стока р. Ащыбулак). В 2007 г. измерения РВБ русла реки проводились более детально, и соответственно на участке от истоков до слияния с каналом переброски части стока воды из р. Ащыбулак в р. Теренкара значение удельного выклинивания составило 20 л/с на 1 км длины участка. Это в 5 раз ниже значения выклинивания по р. Ащыбулак на аналогичном участке. От канала переброски стока до канала Улькен Алматы величина удельного выклинивания возрастает в 3 раза и составляет 64 л/с на 1 км длины участка. Это связано с интенсивным выклиниванием воды в русло реки со стороны золоотвалов ТЭЦ-1, в которые золу подают в виде водяной пульпы. На нижнем участке от канала Улькен Алматы до слияния с р. Ащыбулак значение удельного выклинивания составило 40 л/с на 1 км длины участка.

**Исследования руслового водного баланса р. Султанка** в 2006 г. показали, что на участке от истоков (ул. Азовского) до пресечения с ул. Ермака, расположенного выше пр. Рыскулова и канала Улькен Алматы, значение удельного выклинивания составило 37 л/с на 1 км длины участка. РВБ участка до канала Улькен Алматы выявил снижение удельного выклинивания до 13 л/с на 1 км длины участка. На участках реки ниже канала Улькен Алматы до мкр. Кулагер и далее до слияния с левобережным притоком «ист. Весновка» значение удельного выклинивания изменяется, соответственно, от 14 до 10 л/с на 1 км длины участка, что сопоставимо с результатами РВБ предыдущего участка. РВБ участка реки до слияния с правобережным притоком «Лог Парфёновский» выявил увеличение значения удельного выклинивания до 43 л/с на 1 км длины участка. На приустьевом участке р. Султанка до впадения в р. Есентай значение удельного выклинивания составило 63 л/с на 1 км длины участка.

Русловой водный баланс 2007 года показал, что на участке от истоков (ул. Азовского) до мкр. Кулагер (слияние с левым притоком «ист. Весновка») значение удельного выклинивания составило 20 л/с на 1 км длины участка, что несколько выше результатов 2006 года. Удельное

выклинивание на участке от мкр. Кулагер до слияния с правым притоком «Лог Парфёновский» составило 44 л/с на 1 км длины участка. Наибольшее значение удельного выклинивания зафиксировано на участке от устья правого притока «Лог Парфёновский» до впадения в р. Есентай, которое составило 120 л/с на 1 км длины участка.

**Русловой водный баланс притоков р. Султанка – «ист. Весновка» и «Лог Парфёновский»** дал следующие результаты. По «Источнику Весновка», длиной 5,2 км, от его истоков (ул. 2-я Гончарная и пр. Райымбека) до впадения в р. Султанка в 2006 г. выявлено значение удель-

ного выклинивания 12 л/с на 1 км длины участка. По «Лог Парфёновский», длиной 4,6 км, в 2006 г. – удельное выклинивание на верхнем участке от ул. Артиллерийской до ул. Котельникова составило 87 л/с на 1 км длины участка, а на нижнем приустьевом, до впадения в р. Султанка – 20 л/с на 1 км длины участка. В 2007 г. – значение удельного выклинивания на участке от истоков до устья составило 18 л/с на 1 км длины участка.

РВБ р. Султанка, проведенный осенью 2013 г. показал удельное выклинивание по всей длине реки до устьевой части, равное 41 л/с на 1 км (рис. 3).



Рисунок 3 – Измерение руслового водного баланса р. Султанка (устьевая часть, 2013 г.)

**Русловой водный баланс р. Улькен Карасу (Мойка)** производился в весенний период 2006 и 2007 гг. РВБ 2006 г. выявил следующее: на участке от истоков (ул. Полежаева и пр. Райымбека) до ул. Булкушева (южнее ТЭЦ-1) удельное выклинивание составило всего 6 л/с на 1 км длины

участка. На нижерасположенном участке до ул. Фотина – 67 л/с на 1 км длины участка. Ниже по течению значение удельного выклинивания снижается и на участке до пр. Рыскулова оно составило 20 л/с на 1 км длины участка. Ниже канала Улькен Алматы на участке реки до ул. Крамско-

го величина удельного выклинивания несколько возрастает и составила 48 л/с на 1 км длины участка, а затем вновь снижается до 9 л/с на 1 км длины участка до впадения правобережного притока с ул. Табачнозаводской (начало ул. Ахан Сери). Далее вниз по течению удельное выклинивание вначале снижается до 8 л/с на 1 км длины участка до северной границы рощи Баума, а затем к устью возрастает до 19 л/с на 1 км длины участка.

В 2007 году РВБ был измерен в те же сроки и получены следующие данные. На верхнем участке удельное выклинивание составило 12 л/с на 1 км длины участка, затем на нижераположенном участке до ул. Фотина отмечено наибольшее значение выклинивания, которое возрастает до 104 л/с на 1 км длины участка, что связано с наличием притока из дренажной системы с прилегающей к реке территории.

На участке от ул. Фотина до устья правого притока с ул. Табачнозаводской удельное значение притока грунтовых вод сокращается до 9 л/с на 1 км длины участка, что обусловлено значительным канализированием русла и снижением его пропускной способности из-за засорения. Что касается правого притока с ул. Табачнозаводской, то его устьевой расход в 2007 году увеличился в 2 раза в сравнении с 2006 годом, что предположительно связано с реконструкцией канала Улькен Алматы и улучшением оттока грунтового стока в результате прокладки дренажной системы вдоль южной стороны канала, сброс из которой был направлен в реку. На участке от слияния двух основных составляющих р. Улькен Карасу до устья значение удельного выклинивания составило 17 л/с на 1 км длины участка. РВБ проведенный осенью 2013 г. показал удельное выклинивание равное 11 л/с на 1 км.

**Русловой водный баланс р. Карасу-Турксиб** был измерен на участке от канала Улькен Алматы до устья, хотя истоки реки располагаются выше, в районе ул. Почтовой. Сложности измерения руслового водного баланса в верхнем течении реки обусловлены тем, что русло реки проходит в недоступных местах – по участкам частных домовладений, причём многие участки канализированы. Измерения производились на двух составляющих Карасу-Турксиб – западной и восточной, а также на участке ниже их слияния.

В результате в 2006 г. по западной составляющей на участке от канала Улькен Алматы до

ул. Нарынкольской значение удельного выклинивания составило 11 л/с на 1 км длины участка, а на нижележащем участке до слияния с восточной составляющей – 15 л/с на 1 км длины участка.

По восточной составляющей р. Карасу-Турксиб получены следующие данные. На участке от истоков до канала Улькен Алматы значение удельного выклинивания составило 47 л/с на 1 км длины участка, на участке до слияния с западной составляющей – 19 л/с на 1 км длины участка. Результаты измерений РВБ на нижнем устьевом участке реки (ниже слияния западной и восточной составляющих) выявили удельное выклинивание, составившее 12 л/с на 1 км длины участка.

Анализ результатов измерений РВБ за 2007 г. показал, что по западной составляющей на верхнем участке получено значение удельного выклинивания в 13 л/с на 1 км длины участка. На участке от ул. Нарынкольской до автодорожного моста в 1 км выше слияния с восточной составляющей – 16 л/с на 1 км длины участка.

По восточной составляющей р. Карасу-Турксиб на участке от истоков до канала Улькен Алматы значение удельного выклинивания составило 61 л/с на 1 км длины участка. На участке от канала Улькен Алматы до русловых прудов, в 700 м выше слияния двух составляющих р. Карасу-Турксиб – 10 л/с на 1 км длины участка. Уменьшение величины выклинивания обусловлено тем фактором, что многие участки русла по его длине канализированы, имеется ряд русловых прудов, где происходит повторная фильтрация и испарение с водной поверхности, а также имеется канал переброски части стока из Карасу-Турксиб восточная составляющая в р. Карасу б/н ниже пруда АО «Золотой карп» по ул. Майлина и уг. ул. Шемякина. В связи с этим участок до слияния выявил зону транзита стока. На участке р. Карасу-Турксиб, от слияния двух составляющих (пр. Суюнбая) до устья (впадение в р. Есентай) значение удельного выклинивания составило 41 л/с на 1 км длины участка. РВБ, измеренный осенью 2013 г., показал удельное выклинивание для всей длины реки Карасу-Турксиб 2 л/с на 1 км.

**Исследования руслового водного баланса реки Карасу без названия (б/н) (сброс с прудов КазПАС, левобережный приток р. Киши Алматы)** в 2006 г. выявили, что на участке от истоков до устья реки (впадение в р. Киши Алма-

ты выше оз. Алматинское) значение удельного выклинивания составило 11 л/с на 1 км длины участка.

В 2007 г. при более подробном исследовании РВБ этой реки были получены следующие результаты. На участке от истоков реки до пруда ТОО «Золотой карп» значение удельного выклинивания составило 13 л/с на 1 км длины участка. Участок ниже пруда до впадения канала переброски стока из восточной составляющей р. Карасу-Турксиб выявил потери стока, которые составили 14 л/с на 1 км длины участка. Потери связаны с прудом ТОО «Золотой карп» (испарение и повторная фильтрация). Ниже канала переброски стока до устья реки следует зона выклинивания, удельное значение которого составило 45 л/с на 1 км длины участка. РВБ, измеренный осенью 2013 г. выявил удельное выклинивание для всей реки 8 л/с на 1 км.

**Русловой водный баланс реки Сасыбулак – карасу, правобережного притока р. Киши Алматы (мкр. Жулдыз),** измеренный в 2007 году, выявил зону выклинивания грунтового стока, удельное значение которого составило 18 л/с на 1 км длины участка.

**В заключение** следует сказать, что по результатам многолетних исследований руслового водного баланса выявлено постепенное уменьшение стока рек карасу, смещение зон выклини-

вания грунтового стока к северу на более низкие высотные отметки и изменение абсолютных величин выклинивания подземных вод на рассматриваемых участках рек в сторону уменьшения, обусловленное увеличением величин водозаборов из Алматинского и Бурундайского месторождений подземных вод, приводящим к общему снижению уровня грунтовых вод в бассейне, а так же снижением русловых фильтрационных потерь по основным рекам города, из-за бетонирования русел основных рек города при их благоустройстве. Именно эти русловые потери поверхностных водотоков подпитывают подземные воды, осуществляя водообмен и поддерживая как стабильный сток рек карасу, так и их благополучное экологическое состояние.

Следует также отметить, что в результате обустройства русел ряда рек карасу, очистки их от мусора произошла нормализация оттока выклинивающихся грунтовых вод и улучшилось общее состояние городской речной системы, её рекреационная способность. Это благоприятно сказывается не только на экологическом состоянии самих рек, но и на прилегающих территориях.

Исследования руслового баланса и стока малых рек территории города Алматы, безусловно, следует продолжать и в будущем, но с большей детализацией по проблемным участкам как основных рек, так и рек карасу.

#### Литература

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – Т.13. – Вып.2. – 304 с.
2. Мазур Л.П., Дускаев К.К., Чигринцев Л.Ю. Измерение руслового водного баланса р. Большая Алматинка для оценки водных ресурсов и экологического состояния // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 1996. – №3. – С. 50-56.
3. Чигринцев А.Г. Оценка руслового водного баланса малых рек г. Алматы // Материалы научно-практической конференции «Проблемы гляцио-гидроклиматологии Сибири и сопредельных территорий», посвященной 110-летию со дня рождения М.В. Тронова. – Томск, 2002. – С. 129-130.
4. Чигринцев А.Г., Мазур Л.П. Русловой водный баланс рек карасу бассейна р. Улькен Алматы в пределах городской территории // Материалы международной научно-практической конференции «География: наука и образование». – Алматы, 2008. – С. 259-265.
5. Чигринцев А.Г. Гидролого-экологическая оценка малых рек горно-предгорной зоны Илейского Алатау и разработка рекомендаций по их охране: дис. канд. геогр. наук. – Алматы, 2007. – 303 с.
6. Государственный каталог географических названий Республики Казахстан. Алматинская область. – Алматы, 2005. – 391 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – Т.13. – Вып.2. – 472 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1965-1970 гг. и весь период наблюдений). – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – Т.13. – Вып.2. – 316 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – Т.13. – Вып.2. – 288 с.

10. 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. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – Т.V. – Вып.4. – 576 с.

11. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (1981-1990 гг.). – Алматы: Гидрометеиздат, 2001. – Книга 1. – Вып.4. – Ч.1. – 247 с.

12. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 г. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. – Алматы, 2006. – Вып.4. – Т.1. – 175 с.

13. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001-2011 г. Бассейны рек оз. Балхаш. – Астана: Казгидромет, 2003-2013.

14. Материалы наблюдений Алматинской селестоковой станции. КазНИГМИ. 1960-1961 гг. / под ред.: Л.П. Мазур, В.Р. Рындиной. – Алма-Ата: Фотоофсетная лаборатория УГМС, 1966. – Вып.3. – 331 с.

15. Оценка степени антропогенной нагрузки и разработка рекомендаций по обустройству водоохранных зон малых рек города Алматы: Отчет о НИР / КазГУ. – Алматы, 1995. – 129 с.

### References

1. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaja izuchennost'. Bassejn oz. Balhash. – L.: Gidrometeizdat, 1967. – Т.13. – Вып.2. – 304 с.

2. Mazur L.P., Duskaev K.K., Chigrinec L.Ju. Izmerenie ruslovogo vodnogo balansa r. Bol'shaja Almatinka dlja ocenki vodnyh resursov i jekologicheskogo sostojanija // Vestnik KazNU. Serija jekologicheskaja. – 1996. – №3. – S. 50-56.

3. Chigrinec A.G. Ocenka ruslovogo vodnogo balansa malyh rek g. Almaty // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy gljacio-gidroklimatologii Sibiri i sopedel'nyh territorij», posvjashhennoj 110-letiju so dnja rozhdenija M.V. Tronova. – Tomsk, 2002. – S. 129-130.

4. Chigrinec A.G., Mazur L.P. Ruslovoj vodnyj balans rek karasu bassejna r. Ul'ken Almaty v predelakh gorodskoj territorii // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Geografija: nauka i obrazovanie». – Almaty, 2008. – S. 259-265.

5. Chigrinec A.G. Gidrologo-jekologicheskaja ocenka malyh rek gorno-predgornoj zony Ilejskogo Alatau i razrabotka rekomendacij po ih ohrane: dis. kand. geogr. nauk. – Almaty, 2007. – 303 s.

6. Gosudarstvennyj katalog geograficheskikh nazvanij Respubliki Kazahstan. Almatinskaja oblast'. – Almaty, 2005. – 391 s.

7. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Bassejn oz. Balhash. Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki. Central'nyj i Juzhnyj Kazahstan. – L.: Gidrometeizdat, 1967. – Т.13. – Вып.2. – 472 с.

8. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Bassejn oz. Balhash. Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki. Central'nyj i Juzhnyj Kazahstan (za 1965-1970 gg. i ves' period nabljudenij). – L.: Gidrometeizdat, 1977. – Т.13. – Вып.2. – 316 с.

9. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Bassejn oz. Balhash. Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki. Central'nyj i Juzhnyj Kazahstan Kazahstan (za 1971-1975 gg. i ves' period nabljudenij). – L.: Gidrometeizdat, 1980. – Т.13. – Вып.2. – 288 с.

10. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Kazahskaja SSR. Bassejny rek oz. Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana. – L.: Gidrometeizdat, 1998. – Т.V. – Вып.4. – 576 с.

11. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Bassejny rek oz. Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana (1981-1990 gg.). – Almaty: Gidrometeizdat, 2001. – Книга 1. – Вып.4. – Ч.1. – 247 с.

12. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan. Mnogoletnie dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. 1991-2000 g. Bassejny rek oz. Balhash i besstochnyh rajonov Central'nogo Kazahstana. – Almaty, 2006. – Вып.4. – Т.1. – 175 с.

13. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Kazahstan. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. 2001-2011 g. Bassejny rek oz. Balhash. – Астана: Казгидромет, 2003-2013.

14. Materialy nabljudenij Almatinskoj selestokovoj stancii. KazNIGMI. 1960-1961 gg. / pod red. L.P. Mazur, V.R. Ryndinoj. – Alma-Ata: Fotoofsetnaja laboratorija UGMS, 1966. – Вып.3. – 331 с.

15. Ocenka stepeni antropogennoj nagruzki i razrabotka rekomendacij po obustrojstvu vodoohrannyh zon malyh rek goroda Almaty: Otchet o NIR / KazGU. – Almaty, 1995. – 129 с.