

УДК 556.166/167

Доктор геогр. наук	Р.И. Гальперин ¹
Доктор геогр. наук	С.К. Давлетгалиев ¹
Канд. геогр. наук	Л.К. Махмудова ²
Канд. геогр. наук	М.М. Молдахметов ²
Канд. геогр. наук	А.Г. Чигринец ¹

ПЕРЕСЫХАНИЕ И ПЕРЕМЕРЗАНИЕ РЕК КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: расход воды, пересыхание реки, перемерзание реки, продолжительность периода без стока

В условиях острого дефицита водных ресурсов приходится использовать и воду рек с непостоянным стоком. Большинство водотоков Казахстана пересыхают и промерзают до дна ежегодно или в отдельные годы. Это явление слабо изучено. Произведены статистические оценки продолжительности периодов пересыхания, перемерзания рек и общего числа дней без стока по рекам большей части Казахстана. Выведены расчетные зависимости для количественной оценки этого явления для неизученных водотоков.

Самый острый дефицит 21 века – вода. Согласно документу Всемирной Метеорологической организации [2] «В течение ближайших 50 лет проблемы, связанные с недостатком или загрязнением водных объектов, скажутся по существу на каждом жителе планеты». Это тем более справедливо для района Центральной Азии, где напряжение, связанное с использованием водных ресурсов – самое высокое в мире [10]. Дефицит воды лимитирует производство, имеет самые прямые социально-экономические и экологические последствия. Еще недавно согласно самому авторитетному источнику [7] 20 % смертей в Казахстане было связано с неудовлетворительной экологией. Между тем, в Стратегии «Казахстан 2050» [8] четко обозначены задачи в данном направлении:

- к 2030 г. решить проблему обеспечения населения питьевой водой,
- к 2040 г. решить проблему орошения,
- к 2050 г. – раз и навсегда решить проблему водообеспечения.

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

² Таразский инновационно-гуманитарный университет, Казахстан

Задачи исключительно трудные. Видимо, надо коренным образом изменить само отношение к водным ресурсам – главному богатству человечества. А кроме того: регулирование стока, его межбассейновые переброски [5, 6], внедрение водосберегающих технологий, международные соглашения и т.д. И, конечно же, придется обратить самое серьезное внимание не только на ресурсы крупных рек (которые у нас – увы! – все трансграничные), но и на любые источники воды, включая малые и временные водотоки. Даже если они большую часть времени остаются без стока! Естественно, надо четко представлять, что от них можно ожидать, включая самые неблагоприятные гидрологические ситуации.

В рамках фундаментальных исследований по Проекту, финансируемому Министерством образования и науки РК, на кафедре метеорологии и гидрологии КазНУ им. аль-Фараби изучен минимальный сток рек большей части Казахстана, включая явления пересыхания и перемерзания (или «промерзания до дна») водотоков. Рассматриваемая территория включает пять из восьми водохозяйственных бассейнов (ВХБ) республики – кроме ее юга и юго-востока, это составляет более 2/3 общей ее площади. Она включает отроги Урала, Мугоджары, значительную часть Прикаспийской низменности, Тургайскую столовую страну, Казахский мелкосопочник, частично – горы Алтая, а также Шынгызтау, хребта Калба, Сауыра, Тарбагатая. Сюда входят: нижняя часть бассейна Жайык (Урал) (а также Жэм, Уила, Сагыза), бессточные бассейны Центрального Казахстана – рек Торгай, Нура, Сарысу, часть бассейнов Есиль (Ишим) и Тобыла (Тобол), а также Ертиса (Иртыша).

Но если минимальным расходам воды и ранее уделялось определенное внимание (хотя и явно недостаточное), включая весьма серьезные обобщения [1, 4], то явления пересыхания и перемерзания водотоков до сих пор было исследовано очень слабо – не только по рассматриваемой территории, но и в масштабах СССР, СНГ, РК, включая известные «Справочники по водным ресурсам». Эпизодическое прекращение стока рек – сложный многофакторный процесс, мало изученный вообще.

В монографии «Казахстан» [3] приведена таблица, где для территории севера республики даны наименьшие, средние и наибольшие продолжительности периодов с пересыханием, перемерзанием и с общим отсутствием стока – по градациям площадей водосборов (F) рек: < 200, 1000, 5000, 10000, 50000 км². В частности, не ежегодное пересыхание – только у рек с площадью водосбора (F) не менее 5000 км², и даже реки с

$F = 20000 \text{ км}^2$ в среднем 80 дней в году остаются без стока. Естественно, для более точной характеристики нужна большая дифференциация обобщенных данных, поскольку даже в пределах конкретных бассейнов можно заметить различия и в условиях формирования стока и в гидрогеологических особенностях. Ниже приведены некоторые результаты этих исследований и обобщений по конкретным бассейнам. Естественно, объемные статистические данные по всем конкретным рекам в статье приведены быть не могут.

Явлению прекращения поверхностного стока в наибольшей мере подвержены районы Центрального Казахстана, где водные ресурсы скудны – лето жаркое, зимы морозные, а грунтовые воды залегают глубоко. Неслучайно реки Торгай и Сарысу фактически теряются в бессточных районах, а р. Нура заканчивает свое движение в бессточных озерах. Даже на тех реках, где грунтовые воды играют заметную роль в их питании, зимой сток прекращается при промерзании рек до дна.

Для бассейнов рек Торгай, Сарысу, Нуры, Тобыла, Есилья это явление было изучено более, чем по 70 рекам с площадями водосборов от 9 до 56 500 км².

В Тобыл-Торгайском ВХБ по существу единственной рекой с постоянным стоком является р. Тобыл. В южной сухостепной части территории даже относительно крупные реки Улькайяк, Сарыозен, Ыргыз по существу являются временными водотоками. Самая крупная река южного района ВХБ – р. Торгай. Основное питание она получает на западных склонах горы Улытау, отличающейся несколько лучшими условиями увлажнения. Несмотря на это, минимальные расходы воды даже этой реки имеют преимущественно нулевые значения. За 63-летний период наблюдения в 36 случаях (57 %) минимальные месячные расходы воды имели нулевые значения. В створе Пески Тусум, замыкающем водосборную площадь более 50 000 км², продолжительность периода пересыхания реки доходит до 320 суток. На относительно крупной реке Ыргиз (створ с. Иргиз, $F = 30\,300 \text{ км}^2$) она доходит до 652 суток, а на р. Улькайяк – до 992 суток, т.е. 2,5 года по руслу реки вообще не проходил сток. Значительна и продолжительность периода перемерзания рек. Зимой р. Торгай почти ежегодно промерзает на перекатах. Количество дней промерзания реки в створе Пески Тусум в среднем составляет 122 дня, в отдельные годы достигает 192 суток. А река Кара-Торгай, например, в летнее время, как правило, не пересыхает, но зимой промерзает ежегодно.

Естественно, чем больше бассейн реки, чем мощнее сам водоток, тем лучше условия дренирования подземных вод. К тому же на сравнительно больших водосборах играет роль асинхронность стока с отдельных его частей, и период пересыхания на одном притоке может не полностью совпадать с таковым на другом. В итоге с увеличением площади водосбора сток в реке более устойчивый. Это явление и отражено для рек данного ВХБ в табл. 1 и на рис. 1.

Средняя продолжительность бессточных периодов в Тобыл-Торгайском водохозяйственном бассейне составляет от 90 до 365 суток в году, при этом большому количеству малых рек свойственно систематическое пересыхание.

Таблица 1

Средняя продолжительность периода отсутствия стока (в сутках) на реках Тобыл-Торгайского ВХБ

Бассейн	Площадь водосбора, км ²				
	15000...10000	10000...5000	5000...2000	2000...500	500...100
р. Тобыл	76	92	106	115	118
р. Торгай	205	255	307	335	345

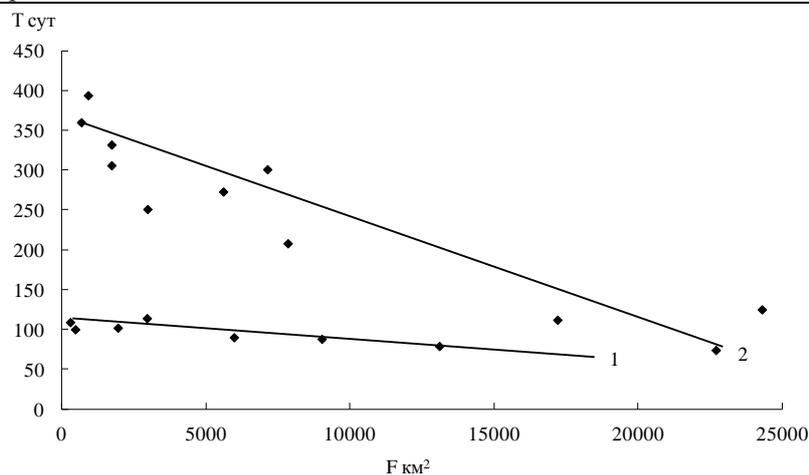


Рис. 1. Зависимости средней продолжительности периода отсутствия стока от площади водосбора рек Тобыл-Торгайского ВХБ. 1 – бассейн р. Тобыл, Карасу; 2 – бассейны рек Торгай, Ыргиз, Убаган.

Нура-Сарысуйский ВХБ. Территория Нура-Сарысуйского ВХБ отличается значительной сухостью климата и глубоким залеганием грунтовых вод, большинство водотоков являются временно действующими. На реках с относительно устойчивым грунтовым питанием сток прекращается только летом в маловодные годы, а также вследствие промерзания пере-

катных участков зимой. Сток рек с неустойчивым грунтовым питанием прекращается обычно в конце лета. На малых же водотоках весь сток, как правило, проходит весной.

Как общая величина меженного стока, так и продолжительность периода его полного отсутствия связаны со степенью увлажненности территории. В этом плане в более благоприятных условиях находятся реки северо-западной (бассейн р. Каракенгир) и северо-восточной (бассейны р. Нура и верховья р. Сарысу) части ВХБ. Относительно лучшее увлажнение обуславливает значительные запасы грунтовых вод и довольно устойчивый летний меженный сток таких рек как Шерубайнура, Жаксы-Сарысу, Жаман-Сарысу, Соқыр.

Значительный период пересыхания характерен для рек юго-западной части ВХБ – р. Сарысу, р. Жыланды, р. Жезды. Для среднего течения р. Сарысу характерно прекращение стока в послепаводочный период, причем пересыхают не только малые водотоки, но и крупные реки с площадью водосбора до 50 000 км². Продолжительность периода отсутствия стока на реках Жезды, Атасу достигает 300 суток и более. На северо-западе ВХБ, где условия увлажнения наиболее благоприятны, наряду с временными водотоками имеются реки, сток которых в отдельные годы не прекращается. Так на реке Каракенгир в 5 км выше устья р. Жыланды в период с 1940 по 1981 гг. сток в течение всего года наблюдался в 12 годах.

Прекращение стока вследствие промерзания характерно для большинства водотоков, где сток сохраняется к началу зимней межени. Так для средних рек ВХБ продолжительность промерзания составляет в среднем 80...120 суток. Сток в зимний период отмечается на р. Нура (ниже Самаркандского водохранилища), р. Шерубайнура.

Показателем же увлажнения речных водосборов служит высота местности, которая, в первую очередь, и определяет величину меженного стока и продолжительность его отсутствия. Соответствующие зависимости, характеризующие общую продолжительность периода отсутствия стока представлены на рис. 2 и в табл. 2. Как следует из этих обобщений, средняя продолжительность периода без стока в разных бассейнах при равной средней высоте водосбора может различаться в 2...3 раза.

Есильский ВХБ. Вследствие крайне ограниченных запасов грунтовых вод в речных бассейнах значительная часть рек летом пересыхает, и сток на них возобновляется лишь в весенний сезон следующего года. Пересыхающими являются не только малые водотоки, но и сравнительно крупные реки с

водосборной площадью порядка 5000...10000 км², а иногда и больше. Прекращение стока в летний меженный период особенно типично для водотоков южной части ВХБ. В той или иной степени пересыхают все водотоки, протекающие южнее р. Есиль. На территории северной части ВХБ, где условия увлажнения более благоприятны, наряду с временными водотоками имеются также непересыхающие реки. Отсутствие стока в летний период большей частью характерно для рек со сравнительно небольшой водосборной площадью ($F < 3000$ км²). Пересыхание более крупных рек происходит лишь в отдельные годы. В частности река Есиль за 78-летний период наблюдений пересыхала на непродолжительное время 8 раз, а на более одного месяца – всего 1 раз. Река Жабай (правый приток Есиля) у г. Атбасар за период с 1937 по 2010 гг. пересыхала всего дважды.

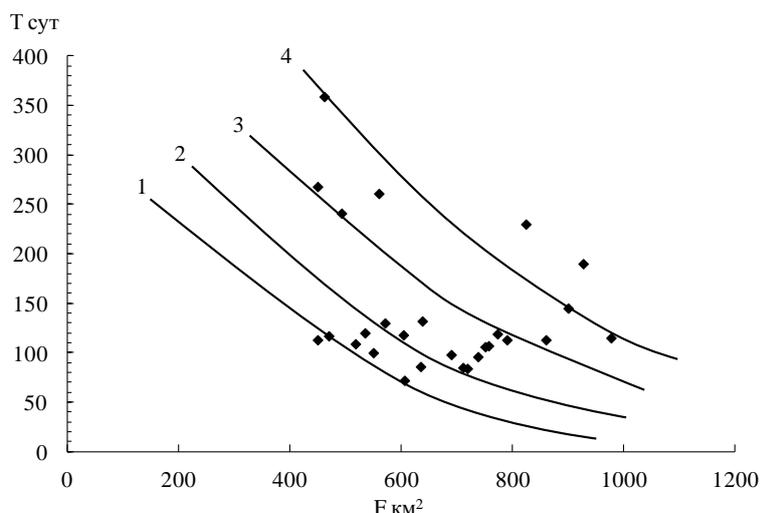


Рис. 2. Районные зависимости средней продолжительности периода отсутствия стока от средней высоты водосбора рек Нура-Сарысуйского ВХБ. 1 – бассейн рек Сарысу, Каракенгир; 2 – бассейн р. Нура; 3 – бассейны рек Шерубайнура, Куланотпес; 4 – бассейны рек Кон, Жарлы, Талды, Каркаралинка.

Таблица 2

Общая (средняя) продолжительность отсутствия стока рек Нура-Сарысуйского ВХБ в зависимости от средней высоты водосбора

Средняя высота водосбора, м	Средняя продолжительность отсутствия стока в сутках по бассейнам			
	р. Сарысу	р. Нура	р. Шерубайнура	реки Кон, Талды и Жарлы
300	188	-	-	-
350	169	-	-	-

Средняя высота водосбора, м	Средняя продолжительность отсутствия стока в сутках по бассейнам			
	р. Сарысу	р. Нура	р. Шерубайнура	реки Кон, Талды и Жарлы
400	150	205	291	350
450	131	188	268	330
500	112	171	245	310
550	93	154	222	290
600	74	137	199	270
650	-	120	176	250
700	-	103	153	230
750	-	86	130	210
800	-	69	107	190
850	-	-	-	170
900	-	-	-	150

Прекращение стока вследствие промерзания типично для всех водотоков территории, сохраняющих сток до начала зимнего сезона. Малые непересыхающие водотоки промерзают ежегодно во второй половине ноября (р. Есиль – с. Ударное и др.). Отсутствие стока на них отмечается в течение 120...140 суток. На относительно крупных реках (р. Есиль в створе г. Астана и р. Жабай у г. Атбасар) продолжительность промерзания снижается до 80...100 суток. За период с естественным режимом стока (до 1970 г.) один раз в 5...10 лет и реже сток на этих реках происходил в течение всего года. После 1980 г. в результате попусков из водохранилищ сток здесь наблюдается в течение всего года.

Общая продолжительность периода отсутствия стока, обусловленного явлениями пересыхания и перемерзания, на малых водотоках Есильского ВХБ ($F < 500 \text{ км}^2$) составляет порядка 145 суток, на реках с площадью водосбора 500...1000 км² – 140 суток. На непересыхающих малых реках длительность периода без стока составляет примерно 135 суток, на средних реках – 85...115 суток.

Существует определенная (хотя и не тесная) зависимость продолжительности периода без стока рек от площади водосбора, она представлена в табл. 3 и на рис. 3. Анализ показал, что во всех бассейнах рек Центрального и Северного Казахстана наблюдается положительный тренд изменения общей продолжительности периода с отсутствием стока. По всем рассмотренным в исследовании створам тренд статистически значим. Фаза продолжительности отсутствия стока на всех водотоках увеличилась, что, естественно, ухудшает условия использования водных ресурсов малых и средних рек района.

Таблица 3

Средняя продолжительность периода отсутствия стока (в сутках) в бассейне р. Есиль

Бассейн	Площадь водосбора, км ²				
	9000...5000	5000...2000	2000...1000	1000...500	500...100
р. Есиль	85	115	135	140	145

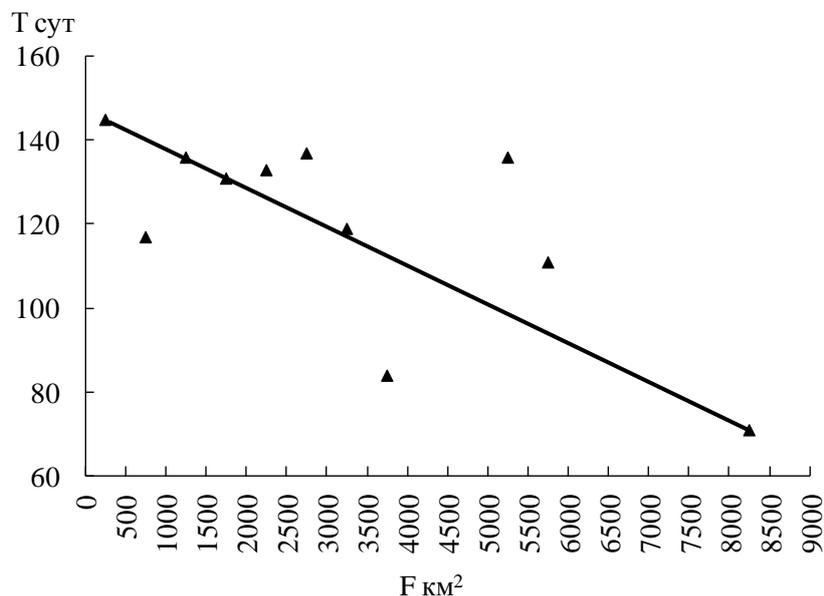


Рис. 3. Зависимость средней продолжительности периода отсутствия стока от площади водосбора рек Есильского ВХБ.

Ертисский ВХБ. Территория характеризуется большими контрастами рельефа – от высоких гор до засушливых равнин. Пересыхают в основном реки и временные водотоки восточной окраины Казахского мелкосопочника: ряд левобережных притоков р. Ертис (рр. Кызылсу, Мукур, Жарма, Ковалевка, Шаган, Ащису и др.), а также большинство водотоков Павлодарской области. Постоянный сток сохраняется лишь на отдельных участках некоторых рек, берущих начало на горных склонах, где в речные русла выклиниваются грунтовые воды, аккумулирующиеся в трещиноватых коренных породах и крупнообломочных отложениях продуктов их выветривания. К числу таких рек относятся рр. Ащису, Карасу, Тюндык и ряд других водотоков. Продолжительность пересыхания рек изменяется от нескольких суток до одиннадцати месяцев. Но и для непересыхающих участков водотоков типичным является прекращение стока зимой в результате промерзания и аккумуляции грунтового стока в виде наледей.

Прекращение стока из-за пересыхания происходит в июле – августе, после прохождения весеннего половодья. Реки с площадью водосбора < 100 км² пересыхают ежегодно, а в отдельные маловодные годы пересыхают и реки с площадями водосбора до 1000...1500 км². Сток возобновляется осенью, но чаще весной следующего года – с началом весеннего снеготаяния. При площадях водосборов 10000...15000 км² влияние F на продолжительность отсутствия стока незначительно. В большей степени пересыхание зависит от местных особенностей водосборов: гидрогеологических условий, формы рельефа местности, величины снегозапасов и их распределения по площади водосбора и др.

Промерзают же до дна даже непересыхающие или временно пересыхающие реки с площадью водосбора до 1000 км². На остальных реках промерзание происходит лишь в очень маловодные годы. Начало периода промерзания приходится на ноябрь – декабрь, а его продолжительность охватывает всю зиму и в отдельные годы доходит до 100, даже 150...155 суток (реки Шидерты и Ацису), хотя средняя продолжительность не превышает 90...95 суток.

Зависимости продолжительности периодов пересыхания, перемерзания и общего числа дней без стока от площади водосбора водотока представлены в табл. 4.

Таблица 4

Продолжительность отсутствия стока из-за пересыхания и перемерзания водотоков Ертисского ВХБ

Площадь водосбора, км ²	Отсутствие стока, сутки								
	пересыхание			промерзание			пересыхание + перемерзание в течение всего года		
	наибольшее	среднее	наименьшее	наибольшее	среднее	наименьшее	наибольшее	среднее	наименьшее
< 200	358	258	1	106	78	29	358	258	1
1000	174	130	75	104	80	60	211	136	60
5000	94	73	39	115	84	43	183	114	39
15000	97	77	57	124	87	48	158	100	48

Более детальное представление об особенностях различных частей территории дают картосхемы на рис. 4 и 5.

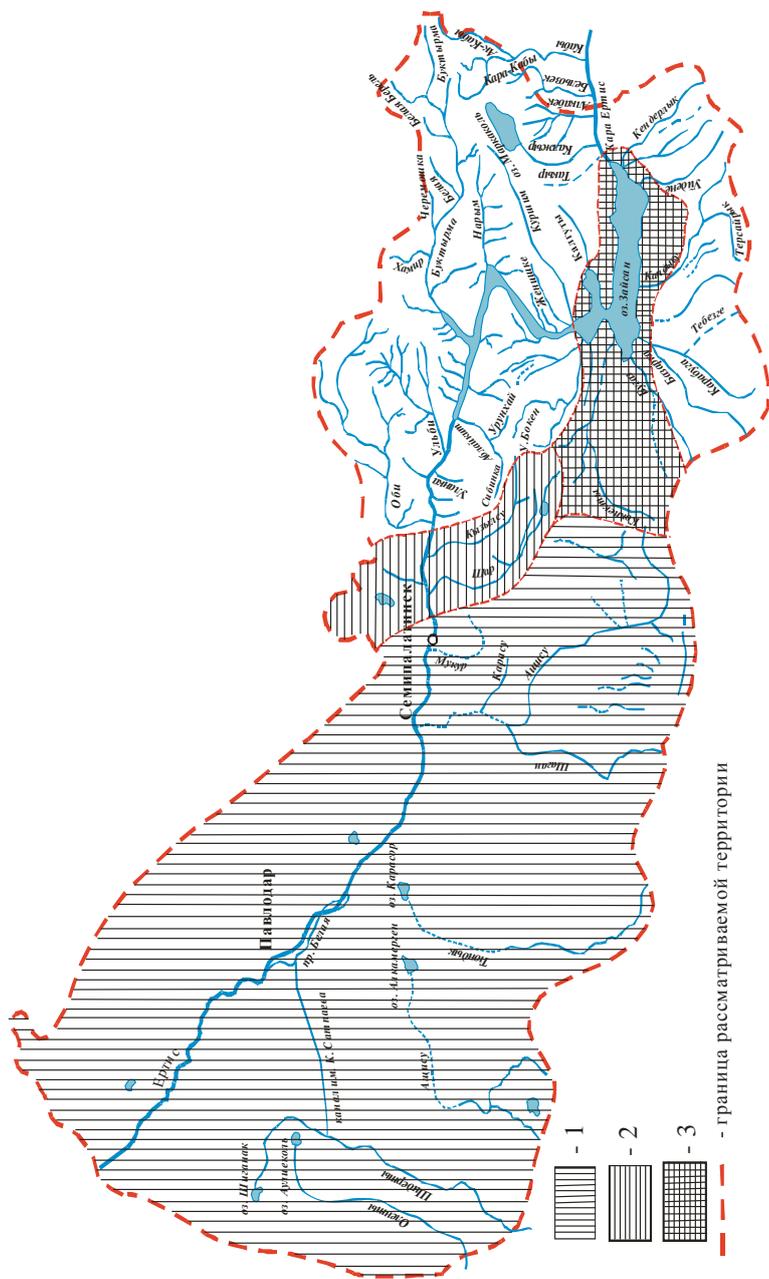


Рис. 4. Картограмма расположения бассейнов рек с периодическим пересыханием в период летне-осенней межени в пределах Ертисского ВХБ. 1 – ежегодно пересыхают реки с $F < 500 \text{ км}^2$, в очень маловодные годы с $F \geq 500 \text{ км}^2$; 2 – ежегодно пересыхают реки с $F \leq 1500 \text{ км}^2$, в очень маловодные годы пересыхают на перекатах все реки; 3 – ежегодно пересыхают все реки с $F \leq 1000 \text{ км}^2$, в очень маловодные годы с $F \geq 1000 \text{ км}^2$.

Для их составления использованы соответствующие построения в [9], но в сравнении с первоисточником границы районов уточнены, а сами схемы расширены – включены данные по Павлодарской области.

На большей части территории ВХБ – наиболее значительные реки горных территорий (Алтай, Тарбагатай, Сауыр) не подвержены пересыханию и замерзанию.

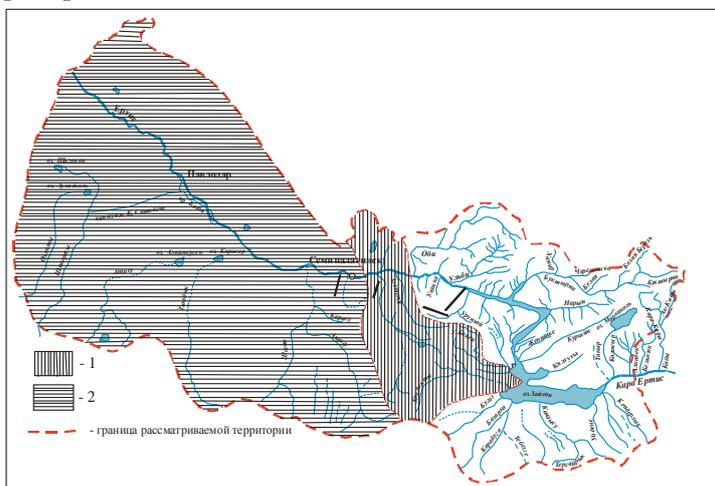


Рис. 5. Картограмма расположения бассейнов рек с периодическим замерзанием в период зимней межени в пределах Ертысского ВХБ. 1 – ежегодно промерзают реки с $F < 3000 \text{ км}^2$, 2 – ежегодно промерзают реки с $F \leq 1000 \text{ км}^2$.

Жайык-Каспийский ВХБ. На данной территории после весеннего половодья сток ежегодно прекращается почти на всех водотоках с площадью водосбора примерно до 10 тыс. км². На северо-западе района пересыхание рек – редкое явление. На реках Шынгырлау, Караоба, Киил, Ногайты наименьшая продолжительность периода пересыхания составляет 1...6 суток.

Промерзание же рек обычно происходит при их малых глубинах (< 1,0 м). Оно имеет место во многих районах Жайык-Каспийского бассейна. Наибольшая продолжительность периода промерзания изменяется от 35 (р. Карахобда) до 147 суток (р. Чижа 2-я), наименьшая продолжительность изменяется от 3 (р. Косистек) до 42 (р. Уил) суток.

Продолжительность периода отсутствия стока в районе может достигать 4...5 месяцев, на некоторых реках (Жэм, Караганды) – до 10...11 месяцев. На р. Караганды наибольшая продолжительность отсутствия стока 358 суток. Наименьшая продолжительность периода отсутствия стока на р. Жэм – аул Аралтобе – 74 дней, р. Жэм – свх. Эмбинский – 28 суток.

Выводы. 1. Амбициозные стратегические планы РК в условиях дефицита водных ресурсов осуществимы лишь при рачительном и, возможно, более полном использовании вод подавляющего большинства водотоков, включая средние и малые.

2. Большая часть водотоков рассматриваемой территории (и Казахстана в целом) не имеет ежегодного постоянного стока. Вопросы отсутствия стока вследствие пересыхания и перемерзания рек до сих пор были явно недостаточно изучены в пределах СНГ, включая Казахстан.

3. В рамках Проекта фундаментальных исследований по линии Министерства образования и науки РК этот вопрос впервые столь подробно рассмотрен для большей части территории Республики. Получены соответствующие статистические характеристики по большинству рек. Общая продолжительность периодов без стока в отдельные годы на некоторых реках превосходит 350 дней, а на отдельных водотоках бассейна р. Торгай – даже до 2,0...2,5 лет.

4. Обобщены полученные численные характеристики, исследованы и представлены в табличном и графическом виде зависимости от основных определяющих факторов. Эти обобщения и построения дают возможность оценивать возможную продолжительность характеризующих периодов для неизученных створов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 216 с.
2. Вода всего мира: достаточно ли ее? – UNESCO, ВМО, 1997. – 22 с.
3. Казахстан. – М.: Наука, 1969. – 482 с.
4. Курдов А.Г. Минимальный сток рек. – Воронеж: ВГУ, 1970. – 252 с.
5. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толебаева Л.С. Водообеспеченность Республики Казахстан: состояние и перспективы // Вопросы географии и геоэкологии. – 2012. – № 4. – С. 33-42.
6. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толебаева Л.С. О водных ресурсах и обеспечении водной безопасности Республики Казахстан / Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика. – Алматы: Институт географии, 2008. – С. 278-287.
7. Назарбаев Н.А. Казахстан 2030. – Алматы: БЛПМ, 1998. – 96 с.
8. Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства». 14.12.2012. – 56 с.

9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Верхний Иртыш. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – Т. 15. – Вып. 1. – Ч. 1. – 318 с.
10. Шикломанов И.А. Мировые водные ресурсы // Природа и ресурсы. Т. 27. – № 1-2. – 1991. – С. 81-90.

Поступила 30.09.2016

Геогр. ғылымд. докторы	Р.И. Гальперин
Геогр. ғылымд. докторы	С.К. Давлетғалиев
Геогр. ғылымд. канд.	Л.К. Махмудова
Геогр. ғылымд. канд.	М.М. Молдахметов
Геогр. ғылымд. канд.	А.Г. Чигринец

ҚАЗАҚСТАН ӨЗЕНДЕРІНІҢ ТАРТЫЛУЫ ЖӘНЕ ҚАТЫП ҚАЛУЫ

Түйін сөздер: су ағыны, өзеннің тартылуы, өзеннің қатып қалуы, ағынсыз мерзімнің ұзақтығы

Су ресурстары аса тапшы аудандарда ағындысы тұрақты емес өзендерді пайдалануға тура келеді. Қазақстан ағынсуларыныңбасым бөлігі жыл сайын немесе жекелеген жылдары құрғап кетеді және түбіне дейін қатып қалады. Бұл құбылыс жеткіліксіз зерттелген. Қазақстанның басым бөлігі өзендері бойынша өзендердің құрғап кетуі және қатып қалуы кезеңдерінің ұзақтығының және ағындысыз күндердің жалпы саны статистикалық тұрғыдан бағаланды. Зерттелмеген өзендер үшін осы құбылысты сандық бағалау тәуелділіктері тұрғызылды.

Galperin R.I., Davletgaliyev S.K., Makhmudova L.K., Moldakhmetov M.M., Chigrinets A.G.

DRYING OUT AND FREEZING OF KAZAKHSTAN RIVERS

Keywords: runoff, drying up rivers, freezing, duration of the period without runoff

In the conditions of greater deficit of water resources it is necessary to use as well the water of the rivers with inconstant runoff. The majority of Kazakhstan's rivers dry out and freeze through to bottom annual or in some years. This phenomenon is studied a little. The statistical estimations of duration of periods dry out, freeze through and total numbers of days without runoff were estimate for rivers of greater part of Kazakhstan. The calculated functions for qualitative estimation of this phenomenon for no explored rivers are deduced.