DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Абдушукуров Д.А., Мамадалиев Б., Шаймуродов Ф.

ЖАЗ МЕЗГИЛИНДЕ ЗЕРАВШАН ДАРЫЯСЫНЫН БАССЕЙНИНДЕ СУУНУН КЕЛИП ЧЫГЫШЫ

Абдушукуров Д.А., Мамадалиев Б., Шаймуродов Ф.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВОДЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗЕРАВШАН В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

D.A. Abdushukurov, B. Mamadaliev, F. Shaymurodov

ORIGIN OF WATER IN THE ZERAPSHAN RIVER BASININ THE SPRING PERIOD

УДК:543.31

Жер үстүндөгү жана жер астындагы суу менен тоолу Зеравшан дарыя бассейнде стабилдүү изотоптор боюнча (δ^2H и $\delta^{18}O$) изилдөө жүргүзүлгөн. Алынган маалымат боюнча Зеравшан бассейниндеги өрөөнүндө атмосфералык жаан-чачындын байкоо башталышы берилген. Жаан-чачындар негизинен түзүлөт: Фандарыя суб-бассейинде батыш, түндүк жана түштүк шамалдарынан; Зеравшан дарыя суб-бассейнде Фондарья менен Зеравшан дарыялар кошулгандан жана Өзбекстан Республикасы чек арага чейин – батыш, түштүк-батыш жана түтүндүк-батыш шамалдардан. Көпчүлүгү Зеравшан дарыяда жеңил суу камтылган. Негизги сууларды Зеравшан жана Рама дарыялар мөңгү эришинен алып чыгат. Өзбекстан Республикасынын чек арасында дарыядагы суу, өтө жеңил бойдон калууда, ал ошол Зеравшан дарыя жөнүндө тастыктайт жана негизи мөңгү суу болуп саналат. Шахристан ашуусуна да өтө оор суу катталган. Өтүү ал аймакта төмөнкү чекити болуп саналат жана ал аркылуу түндүк шамал жана булуттар кирет. Баарынан жакшысы маалымат байланыштуу суб-бассейн Эски Матчада, кайда батыштык шамал сокку менен жаан-чачын түшөт. Эң начар маалыматтарды салыштырылганда Фандарья дарыя суббассейнде, үч шамалдын суперпозициясы батыш, түндүк жана түштүк байкалат. Зеравшан суб-бассейнде ошондой эле бир нече шамалдар болгонундан татаал сүрөт байкалган.

Негизги сөздөр: *туруктуу изотоптор, суутек, кычкылтек, суунун пайда болушу, Зравшан дарыясы, Эски Матче, Фондарья.*

Проведено исследование соотношения стабильных изотопов (δ^2H и $\delta^{18}O$) в поверхностных и подземных водах в горной части бассейна реки Зеравшан. По полученным данным прослежен генезис атмосферных осадков в долине р. Зерафшан. Осадки в основном формируются: в суббассейне р. Фондарья западными, северными и южными ветрами; в суббассейне р. Старая Матча западными ветрами; а в суббассейне р. Зеравшан от слияния рек Фондарья с Зеравшаном и до границыс Республикой Узбекистан - западными, юго-западными и северо-западными ветрами. Наиболее легкая вода содержится в самой р. Зеравшан. Основное питание река получает от таяния ледников Зеравшанский и Рама. До границы с Республикой Узбекистан вода в реке остается наиболее легкой, что свидетельствует о том, что основным питанием р. Зерашана является ледниковая вода. Наиболее тяжелая вода зарегистрирована на Шахристанском перевале. Перевал является нижайшей точкой в данном районе и через него проникают северные ветра и облака. Лучше всего данные коррелируют в суббассейне Старая Матча, где дуют только западные ветры и осадки. Хуже всего данные коррелируют в суббассейне р. Фондарья, где наблюдается суперпозиция трех ветров западных, северных и южных. В суббассейне р. Зеравшан наблюдается сложная картина из-за наличия нескольких ветров.

Ключевые слова: *стабильные изотопы, водород, кислород,генезис воды, река Зеравшан, Старая Матча, Фондарья.*

Thecompositionofstableisotopesof surface and groundwater (δ^2H and $\delta^{18}O$) was studied in the mountainous part of the Zeravshan river basin. According to the obtained data, it is possible to well trace the genesis of precipitation in the valley of the Zerafshan River. Precipitation is mainly formed: in the Fondarya sub-basin by westerly, northerly and southerly winds; in the sub-basin Old Matcha with westerly winds; and in the Zeravshan sub-basin (from the confluence of the Fondarya rivers with the Zeravshan and to the border with the Republic of Uzbekistan) by westerly, southwesterly and northwesterly winds. The lightest water is in Zarafshan itself. The river receives its main feeding from the melting of the Zeravshan and Rama glaciers. Up to the border with the Republic of Uzbekistan, the water in the river remains the easiest, which indicates that the main power of the Zeravshan is glacial water. The heaviest water is registered on the Shahristan Pass. The pass is the lowest point in the area and the northern winds and clouds penetrate through it. The data correlate best of all in the sub-basin OldMatcha, where only westerly winds and precipitation blow. Worst the data correlate in the sub-basin of Fondarya, where a superposition of the three westerly, northern, and southern winds is observed. A complex picture is also observed in the Zeravshan sub-basin due to the presence of several winds.

Key words: *stable isotopes, hydrogen, oxygen, water genesis, Zeravshan River, Old Matcha, Fondarya.*

Введение. Горная часть долины р. Зеравшан является уникальным местом во всей Центральной Азии. Бассейн реки вытянут с востока на запад и обрамлен высокими горами. Туркестанский хребет с севера, Зеравшанский и Гиссарские хребты с юга надежно экранируют долину от южных и северных

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

ветров, приносящих обильные осадки. На южных склонах Гиссарского хребта в ущелье Варзоб выпадает до 2000 мм осадков в год, а в долине р. Зеравшана выпадает осадков 115-500 мм в год [1].

Долина реки относится к аридной (засушливой) зоне. Осадки в долине распределяются крайне неравномерно, что обуславливает различные ландшафты от альпийских лугов до пустынь.

В природе все воды гидросферы на суше подвержены круговороту и обновлению. В последнее время для изучения процессов формирования поверхностных и подземных вод, все чаще используют изотопные методы [2].

Содержание дейтерия и кислорода – 18 в атмосферных осадках тесно коррелируют между собой [3-7]. Эта корреляция описывается уравнением:

$$\delta^2H = 8 \cdot \delta^{18}O + 10\ ‰\ (SMOW),$$

которое справедливо для поверхностей океанов и морей и прибрежных зон, но не соблюдается для аридных и полуаридных зон. Распределение изотопного состава осадков в координатах $\delta^{18}O–\delta^2H$ для поверхностей океанов называют глобальной линией метеорных вод (GMWL) или линией Крейга [3]. Для аридных и полуаридных зон необходимо применять локальные линии метеоритных вод (LMWL), которые могут заметно отличаться.

Целью исследований являлось изучение генезиса воды в горной части бассейна реки Зеравшан.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований были поверхностные и подземные воды бассейна р.Зеравшан. Территорию бассейна можно разделить на два типа; долинный и горный. Крайнюю западную часть бассейна занимают относительно низкие горы, которые западнее становятся границей Зеравшанской долины. С северной стороны долина окружена Туркестанским, с южной стороны Зеравшанским хребтами. На крайней юго-западной части долины, расположен северный склон Гиссарского хребта. Территория бассейна в среднем находится на высоте 1600-1800 м над уровнем моря.

Климат Зеравшанской долины субтропический внутриконтинентальный с жарким летом при умеренно холодной зиме. Основная часть осадков выпадает весной и осенью.

В начале горного ущелья в окружении небольших гор расположен город Пенджикент. В городе преобладают западные, юго-западные и северные ветра. Основные атмосферные осадки приносятся весною и осенью именно этими ветрами.

Особенностью Зеравшанской долины является то, что западные и юго-западные ветры, дующие с Афганистана и Иранского нагорья, приносят осадки в долину с Атлантики. Встречая естественную преграду в виде Гиссарского хребта, эти воздушные потоки достигают бассейн Зеравшана ослабленными, теряя на своем пути изрядную долю влаги (до 2000 мм/год) в Гиссаре в долинах рек Кашкадарья, Сурхандарья, Кафирниган и Сорбог. Поэтому в Фанах основная масса осадков выпадает на юге (верховья Сарымата, Каракуля) и юго-западе (Арчамайдан). На Алаутдинских и Куликалонских озерах осадков выпадает меньше, а низовья Пасруда, Фондарьи и Искандарьи относятся к засушливой зоне.

Слияние рек Зеравшан (Старая Матча) и Фондарья происходит почти под прямым углом. Вход в долину Старая Матча расположен строго на восток, а в Фондарью на юг. Подобный рельеф распределять воздушные потоки в долине. Западные ветра преимущественно направляются в Старую Матчу, а северные потоки преимущественно в Фондарью. В Старой Матче западные ветра являются преимущественными, а Фондарье ветра представляют собой суперпозицию западных, северных и южных ветров.

Вертикальная зональность сказывается в том, что в низовьях ущелий, на отметках 1400-1600 м, зима мягкая, с частыми оттепелями, лето жаркое, но без духоты. Отрицательные температуры наблюдаются в декабре-январе. При подъеме на каждые 100 м температура падает на 0,6-0,7 °С и увеличивается количество осадков [8].

Зима холодная, с морозами. Но положение вблизи 39-й параллели, различие высот, ориентирование ущелий и склонов, а также направление преобладающих ветров вносят существенные поправки, смягчают температурные перепады и делят район на ряд климатических поясов, как в вертикальном направлении, так и при перемещении с запада на восток.

Для исследований территория горной части бассейна Зеравшан была условно разбита на три суббассейна – Фондарья, Старая Матча и Зеравшан. Границей суббассейнов выбрано место слияния рек Фондарья и Зеравшан. Все три суббассейна имеют разный рельеф и климат.

Точки отбора образцов воды для изотопных анализов показаны на рисунке 1.

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

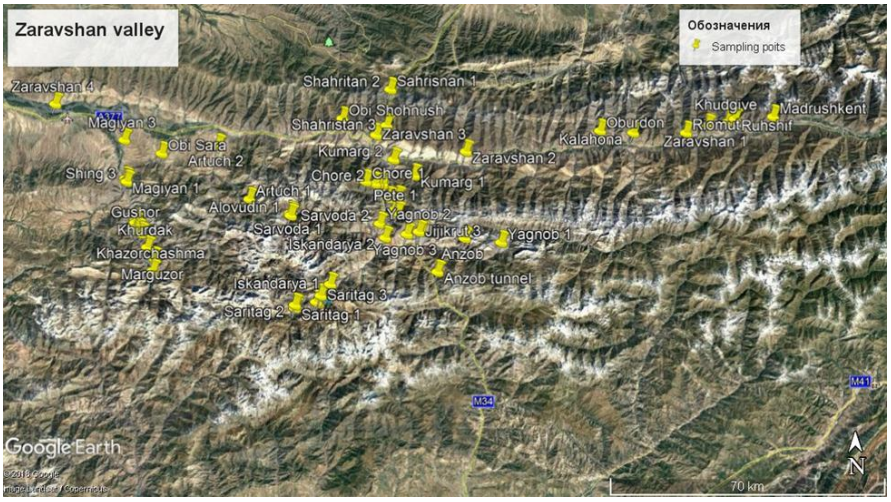

Рис. 1. Карта точек отбора образцов на изотопный анализ в бассейне р. Зеравшан

Для изотопных анализов применялся анализатор стабильных изотопов «Picaro L2110-I» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии Наук Республики Таджикистан. Анализатор позволяет измерять стабильные изотопы воды в твердых телах, жидкостях и парах. В качестве эталона используется стандарт средней океанической воды – V-SMOW (Vienna Standard of the Mean Ocean-Water), для которого $\delta^2H=0$ ‰ и $\delta^{18}O=0$ [2].

Результаты исследований. Полученные изотопные данные за апрель-май месяц 2018 г., для трех суббассейнов Зеравшана приведены на рис. 2-4. Распределение изотопов крайне неравномерно по суббассейнам. Все измеренные отношение изотопов лежат гораздо ниже глобальной линии метеоритной воды (GMWL), которая соответствует океанической воде. Это явление может быть объяснено тем, что Таджикистан расположен в глубине континента, вдали от мировых океанов. Тучевые облака, формируемые в основном над океанами, проходят длинные дистанции, прежде чем выпасть в качестве осадков в бассейне р. Зеравшан. В силу законов гравитации, в первую очередь выпадают тяжелые изотопы, а облака обогащаются легкими изотопами.

В табл.1 приведены расчетные уравнения для аппроксимации LMWL для разных суб-басейнов и степени математической корреляции данных. Уравнения, описывающие LMWL, отличаются друг от друга, а локальные линии имеют разные углы наклона, т.к. воды в реках имеют различное происхождение. Наихудшую корреляцию показывает вода в суббассейне Фондарья (рис. 2).

Там же наблюдаются самые большие разбросы в концентрациях изотопов. Основу ледников и снежников суббассейна составляют осадки, формируемые тремя разными ветрами – северным, западным и южным.

Рис. 2. Изотопные отношения для Фондарьи (май 2018)

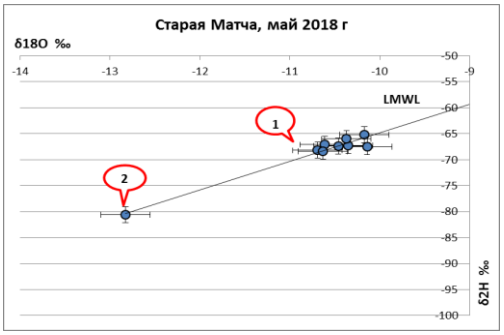

Рис. 3. Изотопные отношения для Старой Матчи

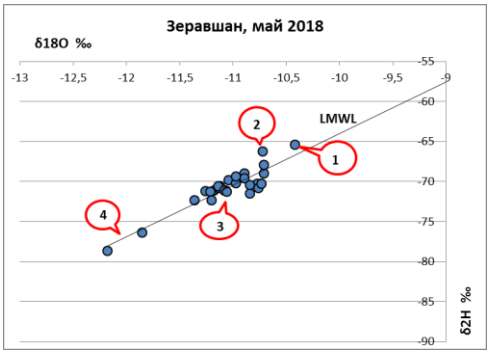

Рис. 4. Изотопные отношения для Зеравшана

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Таблица 1

Уравнения, описывающие LMWL и корреляционная функция R^2

Суббассейн	Апрель-Май 2018		
	δ^2H	$\delta^{18}O$	R^2
Фондарья	δ^2H=0,991 $\delta^{18}O$ -13,982	$\delta^{18}O$=5,3195 δ^2H -13,982	0,64
Ст. Матча	δ^2H=0,9498 $\delta^{18}O$ -0,3412	$\delta^{18}O$=7,8673 δ^2H -15,544	0,98
Зеравшан	δ^2H=1,0015 $\delta^{18}O$ +0,2069	$\delta^{18}O$=6,4545 δ^2H -0,5364	0,82

Северные ветра проникают через Шахристанский перевал, западные ветра проникающие со стороны Пенджикента, и южные ветра со стороны Гиссарского хребта. Западный ветер смешивается с северным, хотя они имеют разный генезис и соответственно разный изотопный состав. Южный ветер в сильно ослабленном виде проникает через Гиссаский хребет, но его осадки в основном выпадают на северных склонах Гиссарского хребта. Это хорошо прослеживается по р. Джиджикрут, верховья которой хорошо увлажнены южными осадками, а низовья находятся в сильно засушливой зоне.

Еще лучше это прослеживается в долине реки Анзоб. Анзобский перевал, будучи самой низкой точкой в Гиссарском хребте значительно больше пропускает южные ветра. В долине наблюдаются альпийские луга и буйная растительность. Облака, достигающие устья реки

Анзоб подхватываются западными ветрами и уносятся в верховья р. Ягноб, где осадки выпадают на высокогорные ледники и снежники.

Коэффициент математической корреляции для мая составляет всего 0,64.

В суббассейне находятся несколько крупных озер и добавляется процесс испарения с их поверхности. В первую очередь испаряется вода, содержащая легкие изотопы, оставшаяся вода обогащается тяжелыми изотопами. Озеро Искандеркуль и ряд малых озер вокруг него, а также 3 Алоудинских озера находятся на высотах более 2000 м и вносят существенный вклад в разброс по содержанию изотопов. Иная картина наблюдается вокруг оз. Искандеркуль, в нее впадает несколько малых речек и р. Сарытаг. Вода в р. Сарытаге более легкая, чем на выходе из оз. Искандарья 1. Обогащение тяжелой водой происходит за счет испарения воды в озере. Наиболее тесно коррелируют воды в Старой Матче (рис. 3) - коэффициент корреляции составляет R^2 = 0,98. Месяц май соответствует таянию снегов. В Старой Матче преимущественно дуют западные ветры. Разбросы по точкам отбора могут быть объяснены высотой выпадения осадков и дальностью от входа в долину. Самая легкая вода наблюдается в самой р. Зеравшан, которая формируется на ледниках Зеравшанский и Рама. Ледники расположены в самой дальней точке долины и ее достигает только легкая фракция воды. Изотопный состав воды в р. Зеравшан слабо зависит от точек отбора воды, т.е. является преимущественно ледниковой и слабо разбавляется боковыми притоками. Неравномерное распределение изотопов свойственно и суббасейну Зеравшан (рис. 4), от слияния Зеравшана с Фондарьей и до границы с Узбекистаном. Коэффициент корреляции составляет 0,82. В нижнем течении р. Зеравшан образует широкую пойму и создает условия для образования подземных вод, которые используются для водоснабжения Пенджикента. В г. Пенджикент больше 30 % ветров поступает с запада и примерно столько же с юго-запада,а с северо-запада – 17 %. С юго-запада ветра поступают с Иранского нагорья и формируются над Атлантическим Океаном и Средиземном Море. Западные ветра формируются над Атлантикой и через южную Европу приходят в бассейн. Северо-западные ветра проходят длинный путь от северной Атлантики пересекая всю Европу.

Западная часть ущелья окружена невысокими горами и практически открыта для всех ветров. Ветры в долине, с 2-х сторон окруженной высокими хребтами, приобретают единое направление с запада на восток.

Распределение в Фондарье было разбито на 4 условных зоны по разбросу отношений изотопов они имеют одинаковый генезис. Самая легкая вода в суббассейне в верховьях притока р. Джиджикрут. Осадки образуются южными ветрами, которые проникают через Гиссарский хребет, из ущелья Майхура. Относительно легкая вода наблюдается в верховьях рр. Ягноб, Джиджикрут и Алло, т.е. в самых удаленных и высокогорных точках. Несмотря на то, что верховья р. Ягноб расположены выше Джиджикрута, вода в них немного тяжелее, т.к. в Ягнобе дуют как южные ветра, так и западные. В суббассейне Старая Матча в мае месяце выделены только две зоны. Самая легкая вода наблюдается в р. Зеравшан, образуясь на леднике Зеравшанский, который является самой дальней точкой в долине на расстоянии 300 км от начала ущелья. Наиболее тяжелая вода в притоках Риомут и Калахона. В суббассейне р. Зеравшан выделено 3 зоны формирования осадков. Самая большая зона третья, в состав которой входят верховья Шинга, Магияна и Артуча, включая 7 Маргузорских озер. Во второй зоне оказалась водопроводная вода

DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

из подземных скважин, которые подпитываются водой р. Зеравшан, и вода в них оказалась тяжелее Зеравшанской.

Наиболее тяжелая вода зарегистрирована в точке Шахристан 1. Ручей берет начало с Шахристанского перевала, самой низкой точкой на данном участке Туркестанского хребта в бассейне р. Зеравшан.

Выводы

1. Проведено исследование в мае месяце 2018 изотопного состава поверхностных и подземных вод.

2. Хорошо прослеживается генезис атмосферных осадков в долине р. Зеравшан. Осадки в основном формируются: в суб-бассейне Фондарья западными, северными и южными ветрами; в суб-бассейне Старая Матча западными ветрами, а в суб-бассейне Зеравшан западными, юго-западными и северо-западными ветрами.

3. Наиболее легкая вода содержится в самом Зеравшане. Основное питание река получает от таяния ледников Зеравшанский и Рама. До границы с Республикой Узбекистан вода в реке остается наиболее легкой, т.е. основным питанием р. Зеравшана является ледниковая вода.

4. Наиболее тяжелая вода зарегистрирована на Шахристанском перевале. Перевал является нижайшей точкой в данном районе и через него проникают северные ветра и облака.

5. Данные тесно коррелируют в суббассейне Старая Матча, где дуют преимущественно западные ветра и осадки, и менее коррелируют в суббассейне Фондарья, где наблюдается суперпозиция трех ветров западных, северных и южных. В суббассейне р. Зеравшан наблюдается сложная картина из-за наличия нескольких ветров.

Литература:

1. Реки и озера Таджикистана, Главное управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой, Министерства охраны природы Республики Таджикистан, Душанбе, 2003, С. 1-23.
2. Stable Isotope. Hydrology.Deuterium and oxygen-18 in water cycle. IAEA TRS-210. Vienna: IAEA, 439 p.
3. Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // Science, N 133. 1981, 1961. P. 1702–1703.
4. Ферронский В. И., Поляков В. А., Изотопы гидросферы Земли. М.: Недра, 2009, 632 с.
5. Международное агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), «Global Network Isotopes in Precipitation» (GNIP). URL: http://www-naweb. iaea. org/ napc / ih/IHS resources gnip.html (дата обращения 10.07.2018).
6. Каюкова Е.П., «Использование стабильных изотопов для оценки элементов водного баланса», Вестник СПбГУ. Сер. 7, Вып. 4, 2013, С. 53-61.
7. Gat J. R. The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation // eds P. Fritz, J.-Ch. Fontes. Handbook of environmentalisotope geochemistry.TheTerrestrial Environment. A. Elsevier, Amsterdam, 1980. Vol. 1. P.21-48.
8. Фанскиегоры (датаобращения 06.05.2019) http:// www. centralasia-travel. com/ru/ countries/ tadjikistan /sights/ fan mountain

Рецензент: д.т.н., профессор Носиров Н.