

*Лагутин Е.И., Смоляр В.А., Кожобаев К.А., Терехов А.Г.,
Едигенов М.Б., Атыкенова Э.Э.*

**ЖЕР АСТЫНДАГЫ ГИДРОСФЕРАНЫ ГЕНЕТИКАЛЫК ИЗИЛДӨӨДӨ
МАТЕМАТИКАЛЫК ЫКМАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУУ
(Тянь-Шандын мисалында)**

*Лагутин Е.И., Смоляр В.А., Кожобаев К.А., Терехов А.Г.,
Едигенов М.Б., Атыкенова Э.Э.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ
ГЕНЕТИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ
(На примере Тянь-Шаня)**

*E.I. Lagutin, V.A. Smolyar, K.A. Kojobaev, A.G. Terekhov,
M.B. Edigenov, E.E. Atykenova*

**THE USE OF MATHEMATICAL METHODS
WHEN GENETIC RESEARCH UNDERGROUND HYDROSPHERE
(On the example of Tien-Shan)**

УДК: 556:556.114

Бул макалада колдонуу ыкмасы ыктымалдуулук теориясынын жетишкендиктери жана математикалык статистика изилдөө үчүн жер астындагы суулардын химиялык курамы түзүлгөнү мүнөздөлөт (Тянь-Шан мисалында). Репрезентативдик район катары Түндүк-Батыш, Тянь-Шандын кыргыз бөлүгүн коюп койгон (барак чегинде К-42-А). Илимий изилдөөлөр жаатында тандап алуу кокусунан болгон жок: анын салыштырмалуу кичи өлчөмдөгү менен 40000 км² бул жерде чоң ар кандай климаттык зоналары бар. Аймак район кошуу менен жанындагы чөлдүү жалпак жер баракчалар кошулган зоналар Казакстан плита жана Тянь-Шан тоолору. Мүмкүндүгүн ачып кичинекей үлгүлөрүн колдонуу үлгүлөр жана чечмелөө татаал көп чокуларды гистограммалар компоненттеринин химиялык курамы көрүү жер астындагы суу менен бир эле учурда алардын генезисине баа берүү. Гидрохимиялык зоналаштыруу ачылып ар кандай түрлөрү жана тоо-кен тармагына, геохимиялык райондоштуруу жасалган.

Негизги сөздөр: жер астындагы сууларды, химиялык курамы, маалыматтарды иштеп чыгуу, мүмкүндүк теориясы жана математикалык статистика, көп чокудук гистограмма, чечмелөө генезис.

В статье охарактеризована методика использования достижений теории вероятностей и математической статистики для исследования природы формирования химического состава подземных вод (на примере Тянь-Шаня). В качестве репрезентативного района была выделена кыргызская часть территории северо-западного Тянь-Шаня (в пределах листа К-42-А). Выбор района исследований не был случайным: при своих относительно небольших размерах 40000 км² здесь представлен большой ассортимент природно-климатических зон. Площадь района включает полупустынные равнинные участки зоны сочленения Казахской плиты и Тянь-Шаньского орогена. Раскрыта

возможность использования малых выборок и расшифровки сложных многовершинных гистограмм содержаний компонентов химического состава в подземных водах с одновременной оценкой их генезиса. Вскрыты различные формы гидрохимической зональности и выполнено геохимическое районирование горной территории.

Ключевые слова: химический состав подземных вод, обработка данных, теория вероятностей и математическая статистика, расчленение многовершинных гистограмм, расшифровка генезиса химического состава подземных вод

The article describes the method of using the achievements of the theory of probability and mathematical statistics to study the nature of the formation of the chemical composition of groundwater (using the example of Tien Shan). The Kyrgyz part of the territory of the northwestern Tien Shan (within the K-42-A sheet) was introduced as a representative region. The choice of the study area was not accidental: with its relatively small size of 40,000 km², a large assortment of climatic zones is presented here. The area of the region includes semi-desert flat areas of the junction zone of the Kazakh Plate and the Tien Shan Orogene. The possibility of using small samples and decoding complex multi-vertex histograms of the contents of the chemical composition of components in groundwater with the simultaneous assessment of their genesis is revealed. Various forms of hydrochemical zonality have been discovered and the geochemical zoning of the mountain territory has been performed.

Key word: the chemical composition of groundwater, data processing, probability theory and mathematical statistics, the dismemberment of multi-vertex histograms, decoding the Genesis of the chemical composition

Введение. Материалы, использованные в статье, накапливались в ходе выполнения плановых государственных заданий по разработке «Макета

среднемасштабной гидрохимической карты для горно-складчатых областей».

В качестве репрезентативного района была выделена кыргызская часть территории северо-западного Тянь-Шаня (в пределах листа К-42-А).

Выбор района исследований не был случайным: при относительно небольших размерах 40000 км² здесь представлен большой ассортимент природно-климатических обстановок, характерных для Тянь-Шаня.

Достаточно сказать, что площадь района включает полупустынные равнинные участки зоны сочленения Казахской плиты и Тянь-Шаньского орогена, высочайшие передовые горные хребты - Кыргызский, Таласский и некоторые прилегающие к ним части Внутреннего Тянь-Шаня (рис. 1).

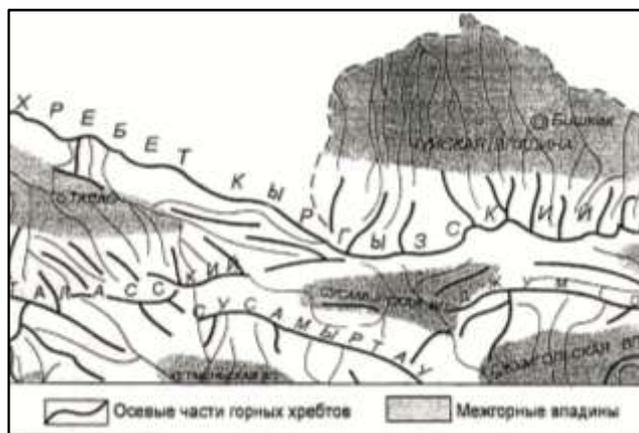


Рис. 1. Орогидрографическая схема Северо-Западного Тянь-Шаня

Большим разнообразием характеризуются поэтому минерализация подземных вод, типы их химического состава и содержание в них микрокомпонентов. По условиям и характеру воздействия на формирование химического состава подземных вод северо-западного Тянь-Шаня многочисленные природные факторы объединяются в три большие группы: физико-географические, геолого-гидрогеологические и антропогенные [3].

Первая включает факторы значительного влияния на грунтовые воды: рельефа, климата, поверхностных вод, оледенения, почв и растительности, ландшафта отличающихся сезонностью и разнонаправленностью воздействия и наличием выраженной высотной поясности.

Последняя находит свое отражение в рельефе, количестве атмосферных осадков, их химическом составе [3], распределении температур, величин стока, почв, растительности, геохимических ландшафтов [9, 10, 16, 17].

Среди последних выделяются: а) примитивно-пустынные (современных ледников и снежников, скал, примитивных пустынь); б) горно-луговые (высокотравных лугов и лугостепей, субальпийских среднетравных лугов и альпийских лугов); в) горнолесные (хвойных лесов); г) степные и полупустынные; д) болотные; е) культурные [16].

Вторая группа объединяет природные факторы преимущественно глубинного воздействия, являющиеся для подземных вод относительно «внутренними»: тектоника, литологический состав пород, геоморфология, гидродинамика подземных вод, температура, давление. Все они характеризуются значительной длительностью воздействия и изменением его характера в зависимости от тектонического режима [3, 5 - 6, 18].

Третья группа факторов включает отдельные стороны хозяйственного воздействия человека – орошение, крупные водозаборы подземных вод, очаги загрязнения и др. (рис. 2.) [3, 5-6, 18].

Систематизация особенностей влияния природных факторов на химический состав подземных вод, осуществлялась в следующем порядке: а. тектоника и новейшие структурные формы, б. гидродинамические условия и зоны, в. литолого-петрографический состав пород (рис. 2.) [3, 5-6, 18].

Статистический анализ фактического материала по исследуемым нами водоносным литолого-петрографическим комплексам (ВЛПК) проводился для определения влияния на химический состав подземных вод [3, 5-6, 18]:

а) однородности развитых на площади распространения ВЛПК характера типов химического состава подземных вод;

б) сопоставления исходных данных о содержании химических компонентов в воде и породах с характером хода процесса формирования состава подземных вод под влиянием ВЛПК;

в) анализом распределения характера статистического распределения компонентов химического состава подземных вод в условиях конкретного ВЛПК, для определения фоновых содержаний, и оценки аномалий [5-8].

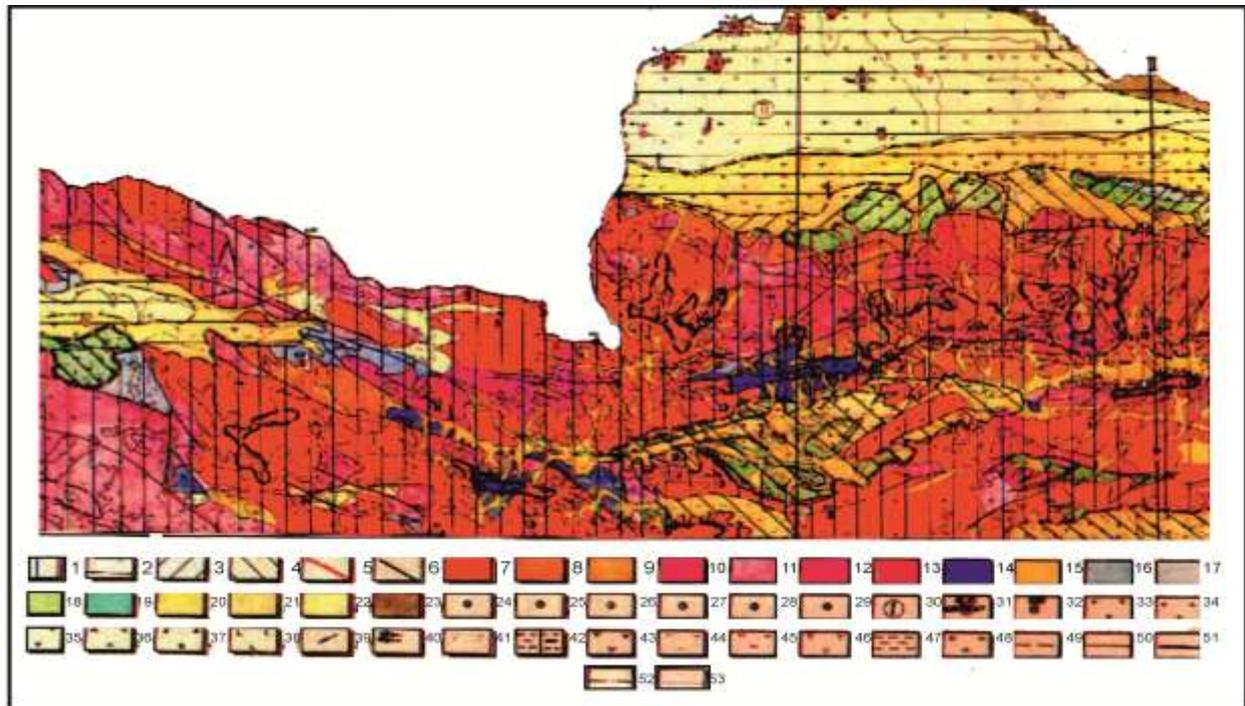


Рис.2. Карта основных природных факторов формирования химического состава грунтовых вод Северо-Западного Тянь-Шаня. Составили: Е.И.Лагутин, А.Н.Хопкина [16]

На карте (рис. 2) в условных обозначениях представлены: Тектонические (1-6): А. *Новейшие структурные формы* – 1-области устойчивых поднятий в течение всего периода; 2-устойчивых погружений в течение всего периода; 3-устойчивых опусканий в палеоген-неогеновое зремя, вовлеченных в дифференцированные четвертичные поднятия, 4-опусканий в палеоген-неогеновое время, вовлеченных в процесс общего устойчивого четвертичного поднятия.

Б. *Палеозойские структурные формы*: 5-палеозойские разломы, подновленные новейшими движениями, являющиеся путями циркуляции подземных вод; 6-палеозойские разломы, гидрогеологическая роль которых не выяснена.

Литологические (литолого-петрографические (водоносные) комплексы пород (7-23):

А. *Допалеозойские и палеозойские* (7-17): – изверженные – 7-интрузии кислого состава, 8-интрузии щелочного состава, 9-основного состава интрузии, 10-кислого состава эффузивы, 11-среднего состава эффузивы, 12-основного состава эффузивы; 13-метаморфические; 14-17-осадочные – 14-эффузивно-осадочные. 15-терригенные, 16-карбонатные, 17-известняки.

Б. *Палеоген-неогеновые породы*: 18-молассовые, 19- соленосные; В. *Антропогенные отложения*: (20-22) – континентально-осадочные – 20-ледниковые и водноледниковые, 2-грубообломочные аллювиально-пролювиальные конусов выноса, 22-мелкообломочные периферических частей конусов выноса, 23-континентальные органогенно-осадочные (болотные).

Геогидрохимические (24-29):

А. *Окислительно-восстановительные*: 24-резко окислительные. 25-слабо окислительные, 26-окислительно-восстановительные;

Б. *Кисотно-щелочные*: 27-слабо, кислые (рН = 6.0 - 6.8), 28-нейтральные (рН = 6,8-7,2), 29-слабо щелочные (рН = 7,2-8,0); Геогидротермические (30-32): 30-верхние геотермические зоны с установленным площадным распространением (I-со среднегодовой температурой менее 0°C, II-с сезонными колебаниями температуры подземных вод), 31-нижние геотермические зоны по единичным проявлениям, вскрытые скважинами (III - до 37° С, IV- 37-50°C, V- 50-100°C), 32-то же, родники. Геогидродинамические (условия внутреннего оттока) (33-39): 33-свободные (на конусах выноса в центральных частях гидрогеологических бассейнов), 34-затрудненные (в палеоген-неогеновых мелкоземах краевых частей бассейнов, 35-затрудненные (грунтовых вод в пролювиально-аллювиальных мелкоземах периферийных частей конусов выноса бассейнов и относительно свободные - напорных вод), 36-свободные (в зоне экзогенной трещиноватости гидрогеологических массивов), 37-различные условия внутреннего стока аллювиальных долин, 38-участки сдrenированные до уровня эрозионных врезов, 39-направление движения подземных вод;

Геохимические ландшафты (40-48): 40-абиогенные, вечных снегов; 41-скал; 42-примитивных пустынь на палеоген-неогеновых отложениях (иногда засолены); 43-горнолесные еловых лесов; 44-горно-луговые, 45-степей; 46-полупустынь; 47 - болот; 48 - культурные.

Границы:49-неотектонических областей,50-литолого-петрографических комплексов, 51-верхних геогидротермических зон, 52-геогидродинамических зон (с различными условиями внутреннего стока), 53-ландшафтов.

Однако в подавляющем большинстве случаев построенные гистограммы имели многовершинный характер, что свидетельствовало о полигенном характере распределения (рис.3).

В связи с этим были использованы некоторые другие приемы вероятностно-статистического анализа [1-4].

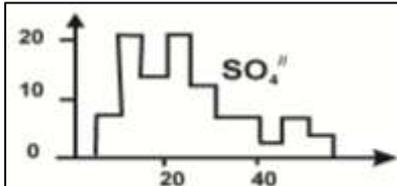


Рис. 3. Гистограмма полигенного распределения сульфат-иона в субнапорных подземных водах верхнего структурного – гидрогеологического этажа Чуйской долины

В научных трудах ученых С.И. Смирнова, К.Ф. Богородицкого, Я.Б. Смирнова и Л.А. Матвеевой, В.Л. Стрепетова, Л.С. Балашова, Е.И. Лагутина даны результаты различных подходов в статистике гидрогеохимических исследований подземных вод [2-4, 10-13].

Из приведенных исследований вытекает, что в однородных геологических ситуациях в подземных водах закономерности распределения концентраций химических элементов, соответствуют «нормальному закону распределения вероятностей», которая служит основой теоретической математической статистики [1-6, 10-14].

В практике статистического исследования распространения химических компонентов в подземных водах Тянь-Шаня весьма часто выясняется необходимость расчленения многочисленных многовершинных (полигенных) гистограмм на отдельные одновершинные гистограммы, отражающие некие однородные условия формирования и соответствующие им однородные (и соответственно – гомогенные) ряды распределений признаков.

Обработка химических анализов подземных вод проводилась последовательно с учетом принадлежности к элементам групп природных факторов: а. гидрогеологических массивов и артезианских бассейнов, для учета фактора новейшей тектоники.

Далее в пределах гидрогеологических массивов по гидродинамическому признаку выделены [3,5-6,18]:

а) трещинно-грунтовые воды зоны экзогенной трещиноватости;

б) трещинно-напорные подземные воды глубокой циркуляции по тектоническим разломам, при-контактным и ослабленным зонам.

В артезианских бассейнах нами выделены:

а) поровые грунтовые,

б) поровые напорные подземные воды.

Затем нами по принадлежности к литолого-петрографическим водоносным комплексам, химические анализы были дифференцированы.

Установлено влияние разных гидродинамических условий водо-вмещающей среды на образование химического состава подземных вод для:

а) наиболее развитых типов химического состава подземных вод в конкретных литолого-петрографических комплексах горных пород;

б) соотношения исходных содержаний компонентов в химическом составе вмещающих пород и подземных вод и направленности в их изменении;

в) выявления закономерностей формирования химического состава.

Изменения химического состава подземных вод определяют по методике С.А. Дурова (1961), который согласуется с принципом эквивалентности Курнакова (рис.4) [2, 4, 13, 22].

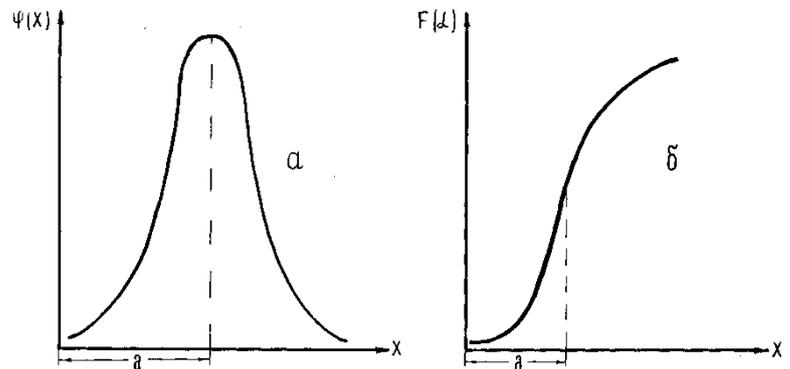


Рис.4. Дифференциальная (а) и интегральная (б) кривые распределения частот

Закономерности распределения концентраций химических элементов в разнородных геологических ситуациях подчиняются «нормальному закону распределения вероятностей» (Колмогоров, 1948, Смирнов, 1962 и др.), т.е. функции распределения вероятностей служат дифференциальные и интегральные кривые их распределения [2, 16].

Эмпирические ряды распределения частот представляются в виде гистограмм. Нормальное распределение вероятностей дано уравнением [2, 16]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

где: σ – стандартное отклонение; μ и σ – параметры распределения (μ – средняя арифметическая); x – значения непрерывной случайной величины ($-\infty < x < +\infty$) [2, 16].

На (рис.4-а) показана-кривая распределения указанной выше функции, где по оси абсцисс отложены значения - x , по оси ординат - вероятность появления этих значений – $\varphi(x)$ [2, 16].

Вокруг средней арифметической группируются вокруг $x = \mu$ наиболее вероятные значения, с рассеянием вокруг центра величин стандартного отклонения σ [2, 16].

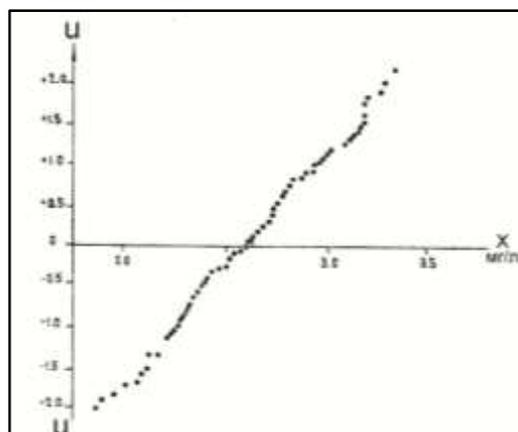
Распределение по нормальному закону зависят от среднее арифметического μ и стандартного отклонений σ .

Нами использовался метод "прямой линии в построении графика, где на оси абсцисс откладываются значения признака (p), а по оси ординат – $U = f(p)$, где U - интегральное распределение наблюдаемых значений [2, 16].

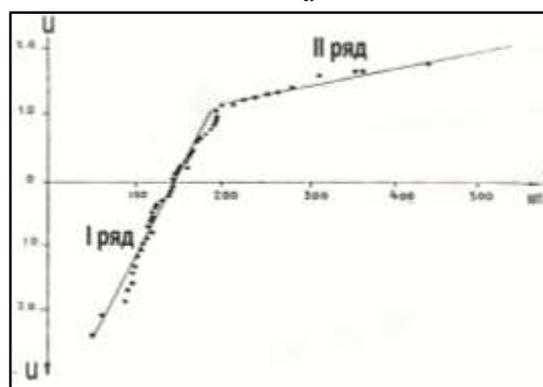
В составленную таблицу, выписываются величины исследуемого признака в возрастающем порядке (табл.1.) и вычисляется отношение m/n , где m - порядковый номер, n - количество наблюдений, а затем по специальной таблице получаем необходимые величины U [2, 16].

Данные для графика реальных рядов распределений

i	Признак	$\frac{i}{n}$	u
1-2	0,174	0,0626	-1,53
3	0,212	0,024	-1,31
4	0,214	0,124	-7,15
5	0,332	0,156	-1,02
6	0,206	0,188	-0,03
7	0,260	0,218	-0,70
8	0,272	0,25	-0,57
9-10	0,230	0,313	-0,49
II	0,232	0,344	-0,39
12	0,292	0,375	-0,31
13	0,306	0,407	-0,23
14	0,314	0,438	+0,16
15	0,316	0,468	+0,08
16	0,324	0,500	+0,00
17	0,332	0,632	+0,08
18	0,340	0,167	+0,16
19	0,394	0,534	+0,24
20	0,420	0,626	+0,32
21	0,430	0,657	+0,40
22	0,546	0,585	+0,50
23	0,628	0,720	+0,58
24	0,835	0,782	+0,67
25	0,300	0,770	+0,74
25	1,410	0,612	+0,33
27	1,438	0,643	+1,00
23	2,80	0,875	+1,16
29	3,004	0,909	+1,33
30	9,097	0,939	



а



б

Рис. 5 Метод проверки нормальности распределения и расчленения гетерогенного ряда на ряды распределений (а-гомогенное, б-полигенное)

Если все точки в системе координат (x, u) размещены по одной прямой, совокупность принадлежит одному нормальному распределению (рис.5-а).

При гетерогенном ряде распределения частот имеет место ломаная линия (рис.5-б.) [2, 16].

В качестве примера рассмотрены модальные значения формул химических анализов подземных вод, определенные по данным рис. 5-б [2, 16]:

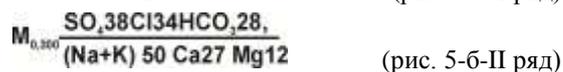
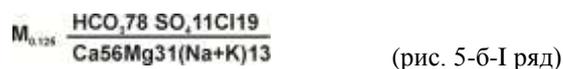


Рис. 6. Модальные значения формул химического состава подземных вод по данным рис. 5-б

Как видно из представленных формул химических анализов, по составу преобладающих химических компонентов они различаются весьма заметно.

Обсуждение результатов. На территории Северо-Западного Тянь-Шаня установлено большое разнообразие типов химического состава подземных

вод, несмотря на преобладающую их слабую минерализацию.

Обычные методы гидрогеологического анализа в этих условиях мало эффективны. Формирование химического состава подземных вод происходит под влиянием достаточно многочисленных факторов, сгруппированных в изучаемом конкретном случае в четыре основных группы: физико-географические, геолого-структурные, гидрогеологические и антропогенные. Анализ условий формирования, размещения содержаний и соотношений различных химических компонентов в подземных водах выявляет достаточно сложное и неоднородное в различных частях влияние названных факторов. Они представляются диалектической совокупностью, в которой то один, то другой из факторов в каждом конкретном случае становится ведущим, решающим в процессах формирования химического состава подземных вод.

В частности, показано, что в формировании химического состава грунтовых вод важную роль играют физико-географические факторы. В пределах гидрогеологических массивов главенствующими являются: химический состав атмосферных осадков и геохимические ландшафты, в термический режим и условия внутреннего стока [3, 5 - 6, 18].

Влияние водовмещающей среды несущественно - оно присутствует лишь при однообразии названных факторов. В пределах гидрогеологических бассейнов влияние сложнее, на отдельных участках ведущими становятся массы поверхностных вод, на других ~ условия стока грунтовых вод, третьих – искусственное воздействие человека [1, 3-4, 7-8, 12, 20].

Напротив, химический состав относительно глубоко залегающих напорных вод территории, формируется под влиянием иных факторов, где ведущими становятся водовмещающая среда, условия внутреннего стока, геотермические и геохимические условия [12-13, 15, 21].

В итоге систематизации факторов формирования химического состава подземных вод Северо-Западного Тянь-Шаня и анализа распределения в подземных водах этой территории химических компонентов были выявлены закономерности, приобретающие при их интеграции черты различных форм геохимической зональности [3, 5 - 6, 18].

Обнаруживается 2 принципиально отличных типа геохимической зональности - вертикальная и горизонтальная [3, 5 - 6, 18].

Вертикальная геохимическая зональность отражает изменение химического состава подземных вод с глубиной, в вертикальном разрезе.

Горизонтальная зональность характеризует изменение химического состава вода по направлению движения потока подземных вод в пределах каждой

из выделенных вертикальных геохимических зон. В пределах гидрогеологических массивов такая геохимическая зональность приобретает черты высотной поясности [3, 5 - 6, 18].

В основу их выделения положены отличия в относительно «фоновых» типах химического состава подземных вод и характере процессов, приведших к их преобладанию. Одновременно учитывается при этом и общая минерализация воды, однако широкое развитие в районе пресных вод не позволяет их четко дифференцировать по этому признаку [1, 4, 16-19].

Охарактеризованное в настоящей работе многообразие природных условий выбранного района исследований позволяет предполагать аналогичные региональные геохимические закономерности в подземных водах и других районах и складчатых орогена Центральной Азии [5-6, 18, 21].

Выводы

1. Получены результаты, свидетельствующие о достаточно тесной связи ландшафтно-геохимических условий орогенных частей территории и химического состава подземных вод. Однако процессы, приводящие к изменению химического состава и ход изменения первичных вод в условиях конкретных ландшафтов требуют продолжения исследований, что позволит в свою очередь точнее интерпретировать результаты вероятностно-статистической обработки материалов и объяснять аномальные явления.

2. Усовершенствована на базе более 2000 проб материалов химических анализов подземных вод северо-западной части Тянь-Шаньского орогена, методика обработки данных, для установления главных факторов их формирования, что позволяют оценить генезис подземных вод на исследованной территории и рекомендуется к использованию в других аналогичных регионах.

Литература:

1. Вальяшко М.Г. Некоторые общие закономерности формирования химического состава природных вод. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф.П.Саваренского, т.ХУ1, 1958.
2. Смирнов С.И. Вероятностно-статистические закономерности распределения химических элементов в природных водах.- Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф.П.Саваренского, 1963.
3. Лагутин Е.И. Новые данные о химическом составе атмосферных осадков Северного Тянь-Шаня - ДАН СССР, т.173, №6, М.,1967.
4. Вернадский В.И. История минералов земной коры, т.II. История природных вод, ч.1, вып. 1-3. Л.: Госхимтехиздат, 1933-1936.
5. Лагутин Е.И., Усупаев Ш.Э. Инженерно-геоэкономическая методика оценки георисков в регионе Центральной Азии. В кн.: Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргыз-

- ской республики (издание 12-е с изменениями и дополнениями). Б: МЧС КР, 2015. С. 644-647.
6. Лагутин Е.И., Усупаев Ш.Э. Антропогенные геоопасности и геориски в Казахстане. Теоретический и прикладной научно-технический журнал: Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова. №33. Материалы международной конференции «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли», посвященная 80-летию академика У.Асаналиева. Б: Текник. 2014. С.422-425.
 7. Кожобаев К.А. Влияние структуры грунтов на их поведение при сильных землетрясениях. Современные проблемы механики сплошных сред. 2011. № 13. С. 339-344.
 8. Кожобаев К.А., Тотубаева Н.Э., Молдогазиева Г.Т., Оторова С.Т. Геоэкологические проблемы, связанные с деятельностью горнодобывающих предприятий Кыргызской Республики. Горный журн. 2016. №8. С. 32-37.
 9. Терехов А.Г., Калимолдаев М.Н., Долгих С.А., Макаренко Н.Г. Диагностика климатической изменчивости региона Балхаш-Алакольской озёрной системы в период с 1990-2017 гг. по данным спутников LANDSAT. В книге: Сб. тезисов докладов пятнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Институт космических исследований РАН. 2017. С. 216.
 10. Терехов А.Г., Калимолдаев М., Пак И., Долгих С. Экспансия агроландшафта и состояние основных водных объектов на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР (бассейны реки Иле и озера Эби-Нур) по данным спутниковой съёмки 1990-2017 гг. В книге: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография. В 5-ти томах. Под редакцией В.Г. Сычева, Л. Мюллера. Москва, 2018. С. 219-223.
 11. Мустафаев С.Т., Смоляр В.А., Буров Б.В. Опасные геологические процессы на территории юго-восточного Казахстана. Алматы: Фылым, 2008. 250 с.
 12. Лагутин Е.И. Моделирование геогидрологии подземного стока внутриконтинентальных орогенов Центральной Азии. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 3. С. 141-145.
 13. Смоляр В.А., Буров Б.В. Гидрогеология бассейна озера Балхаш. Алматы: Фылым. 2007. 388 с.
 14. Едигенов М.Б. Взаимосвязь гидро- и инженерно-геологических условий с георисками на рудных месторождениях северного Казахстана, Наука и новые технологии. 2013. № 6. С. 7-10.
 15. Едигенов М.Б. Оценка влияния подземных вод на горно-рудничные геориски. В сборнике: Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (геориск-2015). Материалы 9-й международной научно-практической конференции. 2015. С. 118-123.
 16. Лагутин Е.И. Химический состав подземных вод Тянь-Шаня. Тараз: Формат-Принт, 2010. 272 с.
 17. Лерельман А.И. Геохимия ландшафтов. М: Географгиз. 1961.
 18. Кобулиев З.В., Маматканов Д.М., Тузова Т.В., Усупаев Ш.Э., Фазылов А.Р. Опыт международного сотрудничества в подготовке кадров высшей квалификации для обеспечения устойчивого развития стран Центральной Азии. Журнал Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Республиканский научно-теоретический журнал. № 3, Бишкек. 2018. С. 17-19.
 19. Смайылова А., Усупаев Ш.Э. Угрозы от георисков для города Токмок и его агломераций. Теоретический и прикладной научно-технический журн. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова №33. Материалы Международной конференции «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли» посвященная к 80-летию академика У. Асаналиева. Б: Текник. 2014. С. 501 - 503.
 20. Каныбек кызы Айсалкын. Геориски и ресурсы гидросферы бассейна реки Талас. Журн. «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Республиканский научно-теоретический журнал. №3, Б., 2018 С. 165-170.
 21. Лагутин Е.И., Мамбеталиева Ш.М. Гидрогеохимические зоны гидросферы Кыргызстана. Журн. «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Республиканский научно-теоретический журнал. № 3, Бишкек. 2018. С. 192-196.

Рецензент: д.г.-м.н., профессор Усупаев Ш.Э.