

## ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ СЕРОВОДОРОДНЫХ ВОД, ИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ГЕНЕЗИС НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ

М. Р. Жураев, С. А. Бакиев, П. П. Нагевич, М. А. Куличкина

ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент

Поступила в редакцию 02 февраля 2015 г.

**Аннотация:** в статье изложены особенности химического состава сероводородных вод южного борта Ферганской впадины, анализ зависимости между минерализацией подземных вод, ионов сульфата, гидрокарбоната и концентрацией сероводорода и выделена генетическая принадлежность сероводородных вод южной части Ферганского бассейна. Рассмотрен гидрохимический разрез палеогена и выделены различные типы месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна.

**Ключевые слова:** генезис, концентрация сероводородных вод, растворение сульфатных водовмещающих отложений, выщелачивание соленосных пород.

### THE MAIN GROUPS OF HYDROGEN SULFIDE WATERS, THEIR CHEMICAL COMPOSITION AND GENESIS IN THE OIL FIELDS OF THE FERGANA BASIN

**Abstract:** the article describes the characteristics of the chemical composition of the sulfurous waters of the southern edge of the Fergana basin, analysis of dependencies between the concentration of hydrogen sulfide and water salinity, sulfate ions and bicarbonate groundwater and isolated genetic affiliation sulfurous waters of the southern part of the Fergana basin. Hydrochemical considered a cut of the Paleogene and highlighted the different types of deposits sulfurous waters southern Fergana Artesian Basin.

**Key words:** genesis, the concentration of hydrogen sulfide water, dissolution of sulfate water-bearing deposits, leaching of salt rocks.

#### Введение

В выработанных нефтяных месторождениях по южной части Ферганской впадины часто встречается в скважинах проявления сероводородной воды. Проявления сероводородных вод были обнаружены в некоторых скважинах, расположенных на нефтеносных месторождениях Северный Сох, Чонгара-Гальча, Чимион, Андижан, Палванташ, Ходжаабат и Южный Аламышик [1] (рис. 1).

В системе артезианских вод сероводородные воды приурочены к восстановительной геохимической обстановке, в зоне развития анаэробных процессов. К главнейшим факторам и условиям среды формирования сероводородных вод, определяющим общие закономерности их размещения в осадочных породах, относятся следующие: литолого-фациальный состав водовмещающих пород, в первую очередь, имеющих сульфатсодержащие отложения и нефтегазоносные комплексы; геоструктурные условия и стратиграфическая приуроченность; гидрогеохимическая обстановка; гидродинамические условия; геотермическая обстановка [2, 3]. Проведенными исследованиями уточнено наличие специфических природных геологических факторов, формирующих сероводородные воды, и подтверждена возможность их формирования в антиклинальной структуре южного борта впадины [4 – 8].

Основными задачами при изучении формирования сероводородной воды являются:

1. Гидрогеологическая характеристика среды формирования сероводородных вод.
2. Химический состав сероводородных вод.
3. Зависимость между концентрацией сероводородных вод и ионов сульфата, гидрокарбоната.
4. Классификация сероводородных вод.

#### Гидрогеологическая характеристика нефтеносных месторождений, в которых формируются сероводородные воды

Чонгара-Гальчинское нефтеносное месторождение является гидрогеологически раскрытой структурой. Водонефтеносные горизонты палеогена расположены близко к поверхности земли, и водообменный процесс относительно активный в этой антиклинальной структуре. В антиклинальной структуре формируются слабо- и среднеконцентрированные сероводородные, гидрокарбонатно-сульфатные, кальциево-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды со слабой и малой минерализацией. За счет активного водообменного процесса в антиклинальной структуре формируются сложные ионные и низкоминерализованные, а также слабо- и среднесероводородные воды. Концентрация водорода в воде изменяется в пределах от 7,2 до 8,4.

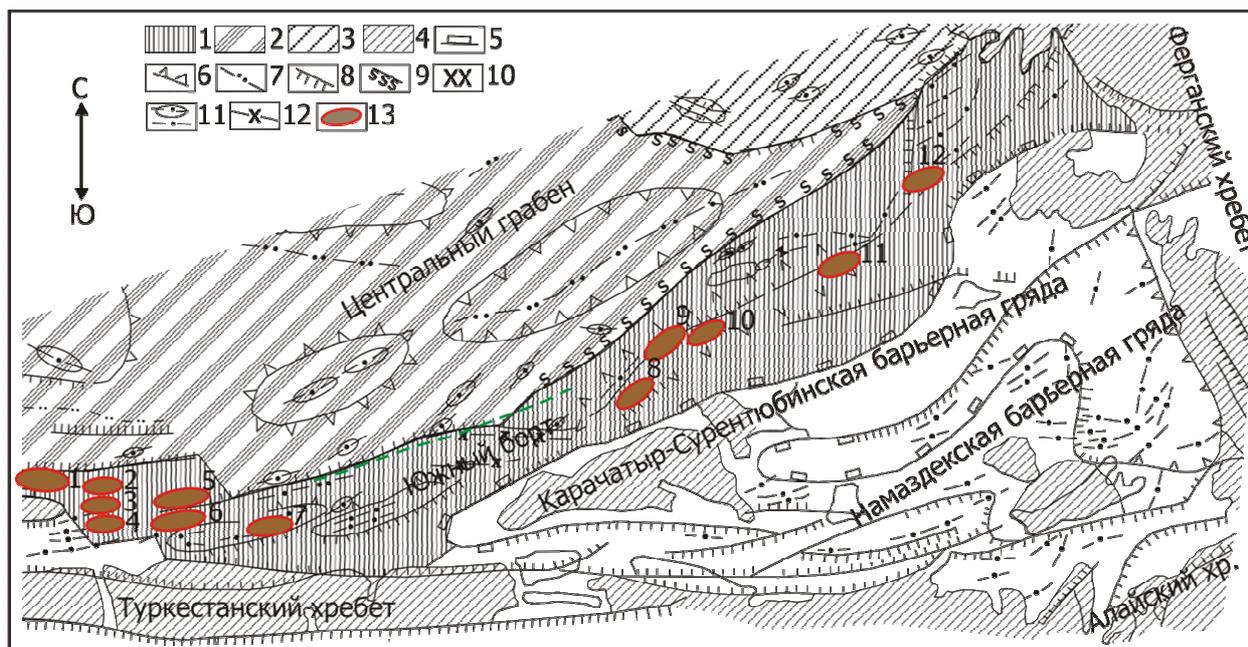


Рис. 1. Схематическая карта тектоники южного борта Ферганской межгорной впадины и перспективные площади на сероводородные воды. 1 – южный бор; 2 – центральный грабен; 3 – северный бор; 4 – выходы на поверхность докембрийских образований; 5 – границы барьерных гряд; 6 – границы антиклинальных зон, поднятий; 7 – оси прогибов; 8 – разрывы, выраженные на поверхности докембрийского фундамента и в покрове; 9 – флексуры; 10 – структуры третьего порядка; 11 – антиклинальные складки в палеогеновых и мезозойских отложениях; 12 – оси бескорневых антиклинальных складок только в кайнозойских молассах; 13 – перспективные площади на сероводородные воды (цифры на рисунке): 1 – Шорсуйская группа, 2 – Северный Сох, 3 – Чонгара, 4 – Гальча, 5 – Северный Риштан, 6 – Сары-Камыш, 7 – Чимион, 8 – Палванташ, 9 – Андижан, 10 – Ходжаабад, 11 – Южный Аламышик, 12 – Чангырташ

Чимионское нефтеносное месторождение является гидрогеологически раскрытой структурой. Водонефтеносный горизонт залегает близко к поверхности земли в северной части, в южной продуктивный горизонт опускается на более глубокие интервалы за счет взбросо-надвигового нарушения в структуре. Проникновение инфильтрационной воды в водоносный горизонт больше в северной части структуры, а в южной оно значительно меньше. Поэтому в северной части Чимионской антиклинальной структуры формируются хлоридно-гидрокарбонатные и хлоридно-сульфатные воды с малой и средней минерализацией. Однако за счет за медленного водообмена в южной части антиклинальной структуры формируются хлоридно-натриевые воды с рассольной концентрацией. Содержание сероводорода в подземной воде составляет от 112 до 476 мг/л, т.е. концентрация сероводородной воды является крепкой и очень крепкой. Отношение между натрием и хлором изменяется в пределах от 0,61 до 0,82. Концентрация водорода в воде составляет от 6,0 до 7,8.

Месторождение Северный Сох относится к глубоким зонам артезианских склонов. В V, VII и VIII газоводоносных горизонтах палеогена антиклинальной структуры формируются хлоридно-сульфатные и хлоридные натриевые крепкосероводородные воды с высокой минерализацией и рассолы. В воде соотношение натрия и хлора колеблется от 0,39 до 0,85. Концентрация водорода варьирует от 7,0 до 8,4. В антиклинальной структуре осуществляется процесс выщелачивания, т.е. отношение Cl/Vr – от 16778 до 812.

Серное и нефтеносное месторождение Шорсу

представляет собой гидрогеологически раскрытый тип антиклинальной структуры. Здесь в IV, V, VII и VIII нефтеносных пластах формируются средне- и крепкосероводородные, хлоридно-сульфатные и хлоридно-натриевые высокоминерализованные и рассольные воды. Отношение натрия и хлора изменяется от 0,35 до 0,87. Осуществляется процесс выщелачивания соленосной породы, т.е. Cl/Vr – от 1240 до 918. Формирование сероводородных вод в антиклинальных структурах Северный Сох и Шорсу идёт за счет растворения сульфатных и галоидных минералов водовмещающих отложений и выщелачивания соленосных пород с участием биохимической сульфатредукции в породах, насыщенных углеводородами, в процессе более или менее значительного водообмена.

Нефтеносные месторождения Андижан, Палванташ, Ходжаабад и Южный Аламышик находятся в самых глубоких частях артезианского бассейна и являются закрытыми положительными структурами. Водообменный процесс осуществляется слабо в водонефтеносном комплексе палеогена. Относительно более активно идёт процесс выщелачивания в соленосных породах, т.е. Cl/Vr варьирует от 7864 до 1429. Здесь формируются крепкосероводородные, хлоридные натриево-кальциевые воды, рассолы которых образуются за счет глубокого положения водонефтеносного комплекса и замедленного водообмена. Отношение натрия и хлора изменяется в пределах от 0,53 до 0,88. Концентрация водорода колеблется в пределах от 7,0 до 8,4. Следовательно, формируются крепкосероводородные воды в закрытых структурах преимущественно за счет осуществления процесса выщелачивания соленосных пород.

**Исследования химического состава сероводородных вод южного борта Ферганской впадины**

Формирование сероводородных вод представляет сложный геохимический процесс, зависящий от комплекса рассмотренных выше геологических факторов и естественно-природной обстановки.

Проблему формирования состава сероводородных вод принято рассматривать в двух аспектах:

- 1) формирование ионного и газового состава вод;
- 2) обогатнение подземных вод сероводородами и метаморфизация их состава в процессе сульфатредукции.

Оба эти процесса тесно связаны. Прямого влияния ионного состава на процесс сульфатредукции не отмечается; сероводородными могут быть воды, относящиеся к самым различным геохимическим типам при условии наличия сульфатов и ОВ, которые необходимы для возникновения и протекания процесса сульфатредукции. Десульфирование же нередко приводит к коренному изменению состава исходных вод.

Изучение ионного состава сероводородных вод показывает, что наиболее распространены среди них хлоридные натриевые воды (нефтеносные месторождения Андижан, Палванташ, Южный Аламышик, Ходжаабат). Менее развиты сульфатные кальциевые (или магниевые-кальциевые) и хлоридно-сульфатные натриевые типы (нефтеносные месторождения Северный Сох, Шорсу, Чимион); еще более ограниченным распространением характеризуются сероводородные воды хлоридно-гидрокарбонатного (гидрокарбонатно-хлоридного) натриевого состава, гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого и более сложного катионного типа (нефтеносное месторождение Чонгара-Гальча) (рис. 2).

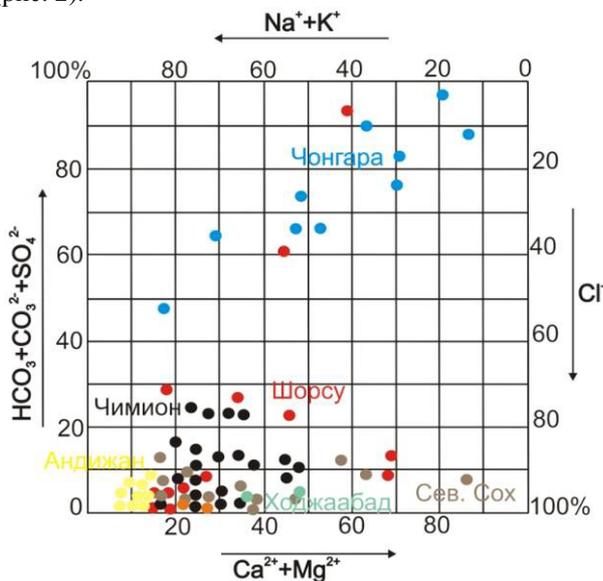


Рис. 2. Диаграмма химического состава сероводородных вод южного борта Ферганской впадины.

**Анализ зависимостей между минерализацией подземных вод, ионов сульфата, гидрокарбоната и концентрацией сероводорода**

Анализ зависимости между минерализацией подземных вод и концентрацией в них сероводорода. Минерализация подземного водонефтеносного комплекса палеогена изменяется в пределах каждой антиклиналь-

ной структуры (г/л): в Чонгара-Гальчинском месторождении – от 1,31 до 4,17; Чимионе – от 4,29 до 158; Северном Сохе – от 10,33 до 123,18; Шорсу – от 18 до 132; Андижане – от 102,80 до 189,3; Палванташе – от 169 до 216,37; Южном Аламышике – от 18,6 до 62,87; Ходжабаде – от 59,11 до 99,28. Была выявлена зависимость между минерализацией подземных и концентрацией сероводородных вод (рис. 3). В результате получили прямо пропорциональную зависимость почти на всех месторождениях, кроме Чонгара-Гальчи. На графиках видно, что при повышении минерализации воды концентрация сероводорода увеличивается пропорционально на каждой антиклинальной структуре.

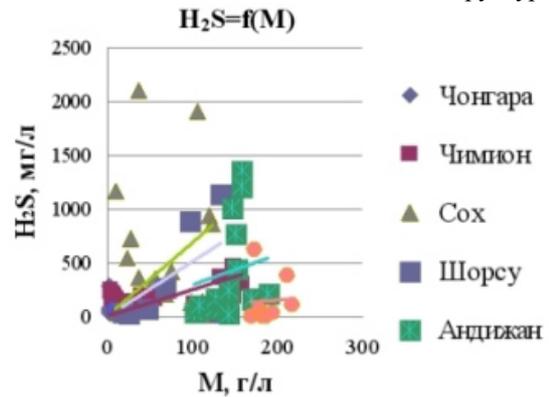


Рис. 3. График зависимости между концентрацией сероводорода и минерализацией подземных вод месторождений Ферганской впадины.

В Чонгара-Гальчинском нефтеносном месторождении формируются слабо- и среднесероводородные воды со слабой и малой минерализацией за счет активного водообмена в водонефтеносном комплексе палеогена. В результате зависимость между минерализацией и концентрацией сероводорода получается обратно пропорциональной, т.е., когда уменьшается минерализация воды, концентрация сероводорода увеличивается.

В результате делаем вывод, что для большинства месторождений сероводорода в Ферганской впадине при повышении минерализации воды, связанной с растворением минералов водовмещающих пород увеличивается интенсивность окислительно-восстановительных реакций и, следовательно, процесса сероводородообразования.

Анализ зависимости между концентрацией сероводорода и ионов сульфата в подземных водах. Ионы сульфата формируются в пределах водонефтеносных комплексов палеогена, и их концентрация на месторождениях составляет (г/л): Чонгара – от 0,27 до 1,99; Северный Сох – от 0,89г/л до 4,29; Шорсу – от 0,44 до 9,42; Андижан – от 1,01 до 2,3; Палванташ – от 0,14 до 0,90; Южный Аламышик – от 0,72 до 0,75. На месторождениях Палванташ и Южный Аламышик ионы сульфата присутствуют в незначительных количествах. Была выявлена прямо пропорциональная зависимость между концентрацией сероводорода и ионов сульфата на месторождениях Чонгара, Северный Сох, Шорсу и Палванташ (рис. 4). При повышении количества ионов сульфата пропорционально увеличивается концентрация сероводорода. Однако на месторождении Андижан зависимость обратно пропорциональ-

ная, так как при повышении ионов сульфата не наблюдается увеличения концентрации сероводорода. Здесь за счет увеличения минерализации до крепкого рассола уменьшается растворения сульфатной толщи. Однако на Андижанском месторождении наблюдается выщелачивание пород ( $Cl/Br = 1878 - 1429$ ), где в результате формируются крепкосероводородные воды.

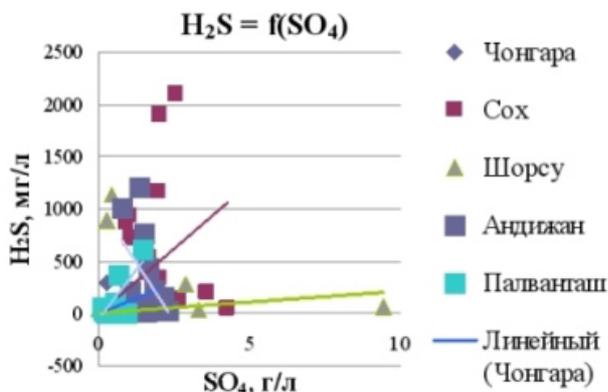


Рис. 4. График зависимости между концентрацией сероводорода и ионов сульфата в подземных водах на месторождениях Ферганской впадины.

В результате анализа зависимости, сделаны следующие выводы: для формирования сероводородных вод ионы сульфата должны присутствовать хотя бы в незначительном количестве; для увеличения концентрации сероводорода необходима повышенная концентрация ионов сульфата.

*Анализ зависимости между концентрацией сероводородных вод и ионов гидрокарбоната.* Ионы гидрокарбоната формируются в пределах водонефтеносных комплексов палеогена, и их концентрация на месторождениях составляет (г/л): Чонгара-Гальча – от 0,02 до 2,0; Северный Сох – от 0,07 до 1,88; Шорсу – от 0,30 до 2,78; Андижан – от 0,035 до 0,73; Палванташ – от 0,01 до 0,31; Южный Аламышик – от 0,91 до 3,9. На месторождениях Андижан и Палванташ количество гидрокарбонатных ионов не превышает 1 г/л из-за глубокого расположения (более 1 км) интервала водонефтеносного комплекса палеогена, так как инфильтрационные воды слабо проникают до него. Однако даже при наличии незначительного количества гидрокарбонатных ионов идет окислительно-восстановительная реакция, и в результате формируются крепкие сероводородные воды. Была выявлена зависимость между гидрокарбонатными ионами и концентрацией сероводорода (рис. 5).

Зависимость между концентрациями сероводорода и гидрокарбонатных ионов является прямо пропорциональной, так как когда повышается концентрация гидрокарбонатных ионов, параллельно увеличивается концентрация сероводорода. На месторождении Шорсу зависимость обратно пропорциональная. Здесь осуществляется выщелачивание ( $Cl/Br = 1240 - 918$ ), в соленосных породах он идет за счет термометаморфического процесса.

Следовательно, наличие свободных ионов гидрокарбоната свидетельствует о состоянии активности водообмена, в подземных водах, приводящая к увеличению растворения сульфатных минералов водовме-

щающей породы, и увеличивает интенсивность окислительно-восстановительной реакции, приводящей к образованию сероводородных вод.

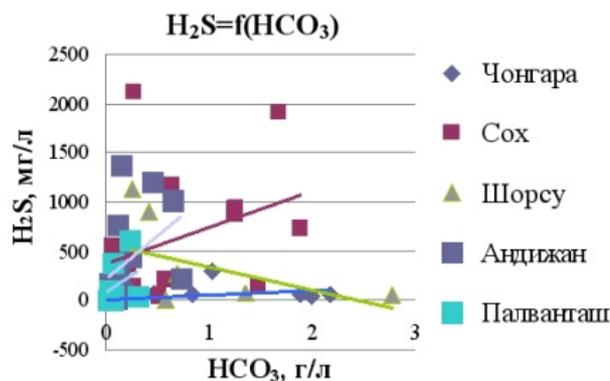


Рис. 5. График зависимости между концентрацией сероводорода и ионов гидрокарбоната в подземных водах на месторождениях Ферганской впадины.

### Генетическая классификация сероводородных вод южной части Ферганского бассейна

Выше рассмотрена природная обстановка ряда нефтеносных месторождений южной части Ферганской впадины, на которых формируются сероводородные воды. Проанализированы элементы гидродинамической, гидрохимической и гидротермальной зональности; охарактеризована совокупность показателей ионного и газового состава описываемых вод; выявлены типичные ионные отношения, характерные параметры среды ( $Eh$ ,  $pH$ ,  $t$ ); данные сведены в таблицы о содержании сероводородов, сульфатов и др. в подземных водах палеогена. На основе проанализированных материалов по формированию сероводородных вод южного борта Ферганской впадины определена их генетическая принадлежность (табл. 1).

Сероводородные воды южного борта Ферганской впадины относятся к группе инфильтрационных вод и рассолов выщелачивания с современным процессом биохимической сульфатредукции (по классификации Г. Н. Плотнокова, 1976 г.) [2, 3]. Класс этих вод определяется как инфильтрационные воды, формирующиеся в антиклинальных полураскрытых нефтеносных структурах, по типу структуры Чимион. Исключением является месторождение Андижан, относящееся к классу рассолов выщелачивания соленосных и гипсоносных отложений, по типу Похвистневского. *Водовмещающими породами* являются карбонатные и терригенные породы, нефтеносные. *Характер водообмена* более или менее значительный в различных геоструктурных условиях. На месторождениях сероводородных вод *основными процессами* являются: выщелачивание и растворение сульфатных минералов водовмещающих отложений; биохимическая сульфатредукция с использованием рассеянных битумов и скопление углеводородов. *Величина окислительно-восстановительного потенциала* изменяется в пределах от  $-105$  до  $-370$  мВ в водонефтеносном горизонте, в котором формируются сероводородные воды. *Температура сероводородных вод* на месторождениях Чонгара-Гальча, Северный Сох, Чимион, Палванташ, Ходжабад, Южный Аламышик и Чимион составляет

Таблица 1

Генетическая классификация сероводородных вод южной части Ферганского бассейна

Генетические подразделения сероводородных вод		Природная обстановка и процессы формирования вод				Характеристика особенностей химического состава вод								
Группа	Класс	Тип	Место-рождение	Водо-вмещающая порода	Характер водообмена	Основные процессы	Т°С	Основные компоненты состава растворенного газа	Основные компоненты ионного состава	H <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> , мг/л	M, г/л рН	[SO <sub>4</sub> ] SO <sub>4</sub> , г/л	[Ca+Mg]	Cl/Br
Кинфиль-трапционные воды и рассолы выщелачивания с современным процессом биохимической сульфатредукции	Рассолы выщелачивания соленосных и гипсоносных отложений	Плохинский	Андижан	Примущественно карбонатные засоленные и затриасованные отложения, сильно битуминозные	Более или менее значительный водообмен в различных геоструктурных условиях	Выщелачивание и растворение сульфатных и галонидных минералов водомещающих отложений, биохимическая сульфатредукция с использованием рассеянных битумов или скопление углеводородов	30 – 40	H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , (CH <sub>4</sub> )	Cl – Na	150 – 300	100–189 6,8–8,2	1–4,5 0,1–2,3	11-48	1429–7864
Кинфиль-трапционные воды и рассолы выщелачивания с современным процессом биохимической сульфатредукции	Инфиль-трапционные воды, формированные в антиклинальных полураскрытых нефтеносных структурах	Чимонский	Чонгара, Северный Сох, Ходжабад, Южный Агламышик	Карбонатные и терригенные гипсоносные породы, нефтеносные	Более или менее значительный водообмен в различных геоструктурных условиях	Выщелачивание и растворение сульфатных и галонидных минералов водомещающих отложений, биохимическая сульфатредукция с использованием рассеянных битумов или скопление углеводородов	30 – 40	H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , (CH <sub>4</sub> )	Cl – Na	150 – 300	100–189 6,8–8,2	1–4,5 0,1–2,3	11-48	1429–7864

от 15 до 40°C; Андижан – от 30 до 40°C. *Основные компоненты сероводородных вод.* В водонефтеносном горизонте формируются: растворенный газ сероводорода, карбонат-ангидритовые, нитратовые и сероводородные воды. *Основные компоненты ионного состава воды* – хлоридные натриевые.

*Концентрации сероводорода:* на месторождении Чонгара-Гальча слабо- и среднесероводородные, концентрация сероводорода варьирует от 23 до 83 мг/л; на месторождениях Чимион, Шорсу, Северный Сох, Андижан, Палванташ, Ходжаабад и Южный Аламышик формируются крепко и очень крепкосероводородные воды. *Минерализация сероводородных вод* по месторождениям изменяется (г/л): в Чонгара-Гальча – от 1,3 до 4,1; Чимион – от 5,4 до 158; Шорсу, Северный Сох, Палванташ, Ходжаабад и Южный Аламышик – от 10 до 132; Андижан – от 100 до 189. *Концентрация водорода* варьирует в пределах от 6,0 до 8,4. *Концентрация сульфат ионов* повышается до 77 экв.% на месторождении Чонгара и уменьшается до 4,5 экв. % на месторождении Андижан. Следовательно, для формирования сероводородных вод достаточно даже незначительного количества сульфат – ионов. Изменение количества ионов кальция и магния варьирует от 11 до 86 экв.%. *Процесс выщелачивания* осуществляется на месторождениях Шорсу, Северный Сох, Палванташ, Ходжаабад и Южный Аламышик. На месторождении Андижан сероводородные воды формируются в основном за счет выщелачивания.

глубины залегания водонефтеносного комплекса палеогена на месторождениях: Шорсу – на глубине от 500 до 300 м по абс. отм., в нём формируются сульфатно-хлоридные натриево-магниевые-кальциевые и хлоридные натриево-кальциевые воды; Чонгара – на глубине от 300 до 200 м, и вода соответственно гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая, сульфатно-хлоридная кальциево-натриевая и сульфатно-хлоридная кальциево-магниевая; Северный Сох – на глубине от -1000 до -1100 м, вода хлоридно-натриево-кальциевая, хлоридно-сульфатная натриево-кальциево-магниевая; Чимион – на глубине – от 400 до 200 м, вода хлоридно-сульфатная натриево-магниевая-кальциевая; Андижан – на глубине от -50 до -150 м, вода хлоридная натриево-кальциевая; Ходжаабад – на глубине от -200 до -400 м, вода хлоридная натриево-кальциево-магниевая; Южный Аламышик – на глубине от 200 до 100 м, вода хлоридная натриево-кальциево-магниевая.

Следовательно, на месторождениях Чонгара-Гальча, Чимион, Шорсу, которые являются гидрогеологически раскрытыми структурами, формируются сероводородные воды со сложным ионным составом. На месторождениях Андижан, Ходжаабад, Южный Аламышик, которые являются закрытыми положительными глубокими структурами, формируются сероводородные воды хлоридно-натриево-кальциевого состава. Водонефтеносный комплекс палеогена, вскрытый скв. 7, 3, месторождения Северный Сох залегает на глубине от 1000 до 1200 м и в глубокой части южного борта впадины, однако формирует хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые воды. Следовательно, водообменный процесс относительно активный в центральной и западной частях месторождений южного борта впадины даже на глубине.

### Гидрохимический разрез

#### по южной части Ферганской впадины

Составлен геохимический разрез с учётом изменения химического состава сероводородных вод по V, VII и VIII пластам палеогена (рис. 6). Сероводородные воды имеют разный ионный состав, зависящий от

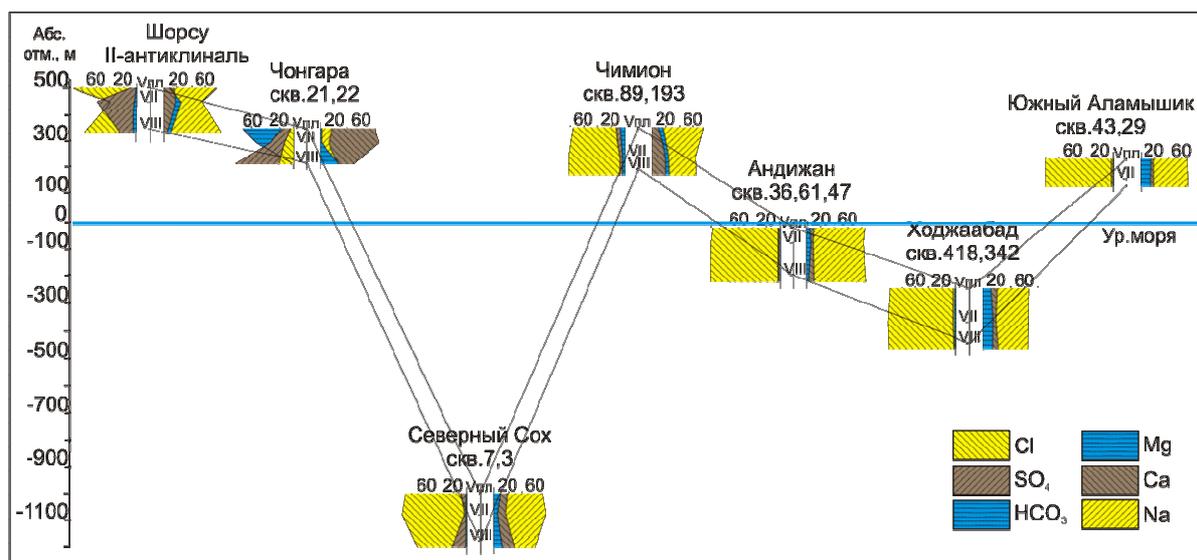


Рис. 6. Гидрохимический разрез туркестанского и бухара-алайского водоносных комплексов южного борта Ферганского впадины.

#### Распределение различных типов месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна

Сероводородные воды формируются в ряде нефтеносных месторождений южного борта Ферганского

бассейна за счет выполнения природных специфических геологических условий. Этими природными специфическими геологическими факторами являются: литолого-фациальный состав водовмещающих пород, в первую очередь, наличие сульфатсодержащих от-

ложений и нефтегазоносных комплексов; геоструктурные условия и стратиграфическая приуроченность; гидрогеохимическая обстановка; гидродинамические условия; геотермическая обстановка. На основе анализа этих факторов была составлена схематическая карта распределения различных типов месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна (рис. 7). На карте представлены границы развития сероводородных вод, нефтеносные месторождения, формирующие сероводородные воды, выделение антиклинальные структуры по гидрогеологическим группам, распространение сероводородных вод по концентрации и по основным типам. Сероводородные воды формируются в нефтеносных месторождениях южного борта впадины: Нефтебад, Шорсу, Чонгара-Гальча, Северный Сох, Сарыкамыш, Северный Риштан, Сарыток, Чимион, Кашкаркыр, Западный Палванташ, Палванташ, Андижан, Ходжабад и Южный Аламышик. Месторождения выделены на гидрогеологических структурах: гидрогеологически раскрытые структуры – Нефтебад, Шорсу, Чонгара-Гальча и Чимион-Кашкаркыр; глубоко погруженные части артезианских склонов – Северный Сох и Юж-

ный Аламышик; глубинные в артезианских бассейнах и в закрытых положительных структурах – Западный Палванташ, Палванташ, Андижан, Ходжабад и Южный Аламышик. Концентрации сероводородных вод (мг/л): слабые и средние (10–50, 50–100) на месторождениях Чонгара-Гальча и Западный Палванташ; крепкие и очень крепкие (более 100) на месторождениях Северный Сох, Чимион-Кашкаркыр, Шорсу, Палванташ, Андижан, Ходжабад и Южный Аламышик [9]. Сероводородные воды различаются по типам: на месторождении Чонгара-Гальча – гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, хлоридно-сульфатные натриевые воды со слабой- и малой минерализацией; на месторождениях Северный Сох и Шорсу – хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды высокоминерализованные и рассолы; на месторождении Чимион – хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды от маломинерализованных до рассолов; на месторождениях Западный Палванташ, Палванташ, Андижан, Ходжабад и Южный Аламышик – хлоридные натриево-кальциевые воды с рассолами.

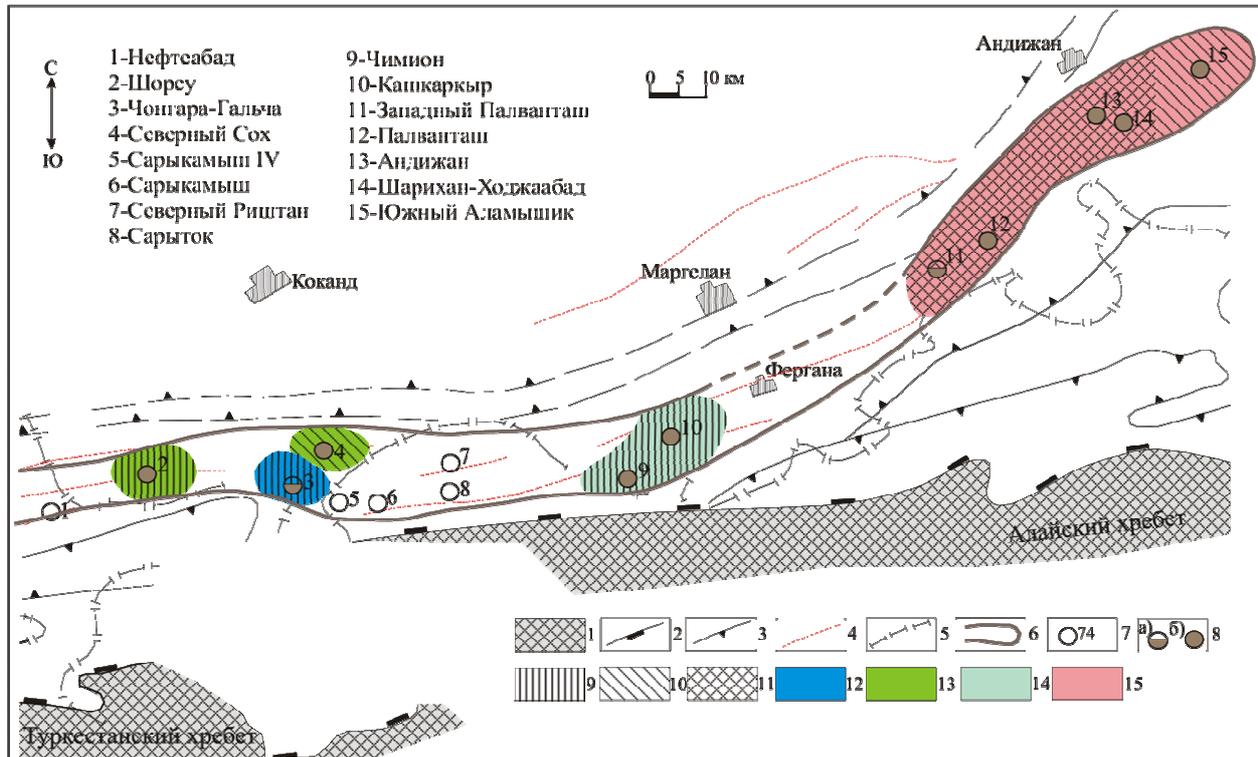


Рис. 7. Схематическая карта распределения различных типов месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна. 1 – выходы пород складчатого основания на дневную поверхность; 2 – граница впадины; 3 – граница тектонических зон; 4 – основные нарушения; 5 – государственная граница; 6 – граница зоны развития сероводородных вод; 7 – месторождения, на которых формируются сероводородные воды; 8 – содержание сероводородов, (мг/л): а – 10-50 и 50-100; б – более 100. Выделенные структуры по группам: 9 – гидрогеологически раскрытые структуры; 10 – более глубокие месторождения артезианских склонов; 11 – глубокие месторождения артезианских бассейнов и закрытые положительные структуры. Основные типы сероводородных вод: 12 – гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, хлоридно-сульфатные натриевые воды слабой и малой минерализацией; 13 – хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды высокой минерализацией и рассолы; 14 – хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды с минерализацией от малой до рассола; 15 – хлоридные натриево-кальциевые воды с рассолами.

### Выводы

Изучение ионного состава сероводородных вод показывает, что наиболее распространены среди них

хлоридные натриевые воды (нефтеносные месторождения Андижан, Палванташ, Южный Аламышик, Ходжабад). Менее развиты сульфатные кальциевые

(или магниевые-кальциевые) и хлоридно-сульфатные натриевые типы (нефтеносные месторождения Северный Сох, Шорсу, Чимион); еще более ограниченным распространением характеризуются сероводородные воды хлоридно-гидрокарбонатного (гидрокарбонатно-хлоридного) натриевого состава и гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого и более сложного катионного типа (нефтеносное месторождение Чонгара-Гальча) (рис. 2).

Для большинства месторождений сероводорода Ферганской впадины при повышенной минерализации воды, связанной с растворением минералов водовмещающих пород, увеличивается интенсивность окислительно-восстановительных реакций, и, следовательно, процесса сероводородообразования. Для формирования сероводородных вод ионы сульфата должны присутствовать хотя бы в незначительном количестве; для увеличения концентрации сероводорода необходима повышенная концентрация ионов сульфата. Наличие свободных ионов гидрокарбоната свидетельствует о состоянии активности водообмена, приводящей к увеличению растворения сульфатных минералов водовмещающих пород и интенсивности окислительно-восстановительной реакции, приводящей к образованию сероводородных вод.

Установлено, что по генетической классификации сероводородных вод месторождения южной части Ферганского бассейна определяются как инфильтрационные, формирующиеся в антиклинальных полураскрытых нефтеносных структурах по типу структуры Чимион. Исключением является месторождение Андижан, относящееся к классу рассолов выщелачивания соленосных и гипсоносных отложений по типу Похвистневского.

Из составленного геохимического разреза с учётом изменения химического состава сероводородных вод по V, VII и VIII пластам палеогена (рис. 6) видно, что водообменный процесс относительно активный и в центральной, и в западной частях южного борта впадины, и даже на глубине.

На составленной схематической карте распределения различных типов месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна выделены контуры сероводородных вод по концентрации. Сероводородные воды по концентрации различаются (мг/л): слабые и средние (10–50, 50–100) на месторождениях Чонгара-Гальча и Западный Палванташ; крепкие и очень крепкие (более 100) на месторождениях Северный Сох, Чимион-Кашкарыр,

Шорсу, Палванташ, Андижан, Ходжаабат и Южный Аламышик. Сероводородные воды различаются по типам: на месторождении Чонгара-Гальча – гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, хлоридно-сульфатные натриевые воды со слабой и малой минерализацией; на месторождениях Северный Сох и Шорсу – хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды высокоминерализованные и рассолы; на месторождении Чимион – хлоридно-сульфатные натриевые, хлоридные натриево-кальциевые воды от маломинерализованных до рассолов; на месторождениях Западный Палванташ, Палванташ, Андижан, Ходжаабат и Южный Аламышик – хлоридные натриево-кальциевые воды с рассолами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ибрагимов, Д. С. Гидрогеология месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна: автореф. дисс... канд. геол.-минер. наук / Д. С. Ибрагимов. – Москва, 1964. – 25 с.
2. Иванов, В. В. Сульфидные воды СССР / В. В. Иванов. – М.: 1-я типография Профиздата, 1977. – 229 с.
3. Плотникова, Г. Н. Сероводородные воды СССР / Г. Н. Плотникова. – М.: Недра, 1981. – 132 с.
4. Жураев, М. Р. Технологическая разработка физико-геологической модели месторождения минеральных вод на объекте Чимион по данным геофизических исследований / М. Р. Жураев // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент, 2009. – № 6. – С. 34–38.
5. Жураев, М. Р. Выявление перспективной площади распространения сульфидных вод в Палванташском нефтегазоносном месторождении / М. Р. Жураев, Р. Э. Джурев // Вестник Пермского университета. Сер.: Геология. – 2014. – № 1(22). – С. 25–33.
6. Жураев, М. Р. Распространение сероводородных вод по площади Северного Сохского нефтегазоносного месторождения / М. Р. Жураев, Р. Э. Джурев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2014. – № 2. – С. 133–140.
7. Жураев, М. Р. Перспективы использования сероводородных вод на Андижанском нефтегазоносном месторождении (анализ геолого-геофизических данных) / М. Р. Жураев, О. В. Чеботарева, Р. Э. Джурев // Региональные проблемы. – 2014 г. – Т. 17 – № 1. – С. 15–20.
8. Жураев, М. Р. Обоснование перспективных площадей сероводородных вод на выработанных нефтяных месторождениях (на примере структуры Чимион) / М. Р. Жураев, Р. Э. Джурев // Разведка и охрана недр. – 2014 г. – № 10. – С. 52–57.
9. Иванов, В. В. Классификация подземных минеральных вод / В. В. Иванов, Г. А. Невраев. – М.: Недра, 1964. – 166 с.

Государственное предприятие «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» (ГП «Институт ГИДРОИНГЕО») Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан (Госкомгеология РУз), Ташкент.  
E-mail: hydrouz@rambler.ru, hydrouz@olam.uz  
Тел.: 998(71)2627592, Факс: 998(71)2626215

Жураев Музаффар Рахматович – старший научный сотрудник.  
E-mail: juraevm@inbox.ru; Тел.: +99 891 152 25 80

Бакиев Саиднасим Алимович – главный научный сотрудник лаборатории «Уран и гидроминеральные ресурсы», доктор геолого-минералогических наук

Нагевич Павел Павлович – заведующий лабораторией «Ресурсы подземных вод», кандидат геолого-минералогических наук  
Куличкина Мария Алексеевна – старший научный сотрудник

SE "Institute GIDROINGEO", Tashkent  
E-mail: hydrouz@rambler.ru, hydrouz@olam.uz  
Tel.: 998(71)2627592, Факс: 998(71)2626215

Juraev M. R., senior researcher  
E-mail: juraevm@inbox.ru Tel.: +99 891 152 25 80

Bakiev S. A., Chief Researcher, Laboratory of "Uranus and hydro resources", Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

Nagevich P. P., Head of the Laboratory "Groundwater resources"

Kulichkina M. A. senior researcher