

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

УДК [553.74+550.83:536.3] 575.13

Уточнение условий формирования сероводородных вод Ферганской впадины по результатам геофизических исследований**М.Р. Жураев, Ш.Х. Абдуллаев, П.П. Нагевич, Р.А. Турсунметов**

Институт гидрогеологии и инженерной геологии Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан, 700041, Узбекистан, Ташкент, ул. Олимлар, 64

E-mail: juraevm@inbox.ru, hydrouz@rambler.ru, hydrouz@olam.uz

(Статья поступила в редакцию 12 февраля 2015 г.)

По результатам сейсморазведки уточнены нефтяные месторождения с разрушенной антиклинальной структурой, на которых формируются сероводородные воды. По тектоническим нарушениям поверхностные воды проникают в нефтеносные толщи и усиливают сульфатредуцирующие процессы. Подтверждены гидродинамические процессы в каждой антиклинальной структуре южного борта Ферганской впадины на основе результатов метода электроразведки. Создается водообменная обстановка в нефтеносной толще палеогена за счет разгрузки пластовых вод из толщи палеозоя, и, как следствие, протекает окислительно-восстановительная реакция с микробами.

Ключевые слова: *Фергана, водообмен, сероводородные воды.*

DOI: 10.17072/psu.geol.26.28

Введение

В практике здравоохранения роль минеральных вод как важного средства лечебного и профилактического воздействия на организм человека неуклонно возрастает. Одно из ведущих мест среди минеральных вод занимают сероводородные.

Проблема происхождения сероводорода в подземной гидро- и литосфере привлекала внимание многих исследователей. В конце прошлого века ей занимались учёные-гидрогеологи А.М. Овчинников, В.В. Иванов, Г.Н. Плотникова, А.И. Ривман, которые изучали и анализировали условия образования месторождений сероводородных вод в странах СНГ (быв-

ший СССР). Д.С.Ибрагимов изучал гидрогеологию месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна (1964) и обосновал геохимические и литолого-фациальные факторы их формирования.

В 1950-1960 гг. были проведены геологоразведочные работы с целью поиска нефтяных месторождений в палеогеновых толщах южной части Ферганской впадины. Попутно были обнаружены сероводородные воды в некоторых скважинах на антиклинальных структурах Чонгара, Чимион, Северный Сох, Андижан, Палванташ, Ходжаабад и Южный Аламышик [3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,15]. Анализ и обобщение данных геолого-геофизических ра-

бот дают возможность изучить формирование сероводородных вод (рис. 1, 2).

Условия образования сероводорода. Области распространения сероводородных вод обычно приурочены к нефтегазовым (или перспективным на нефть) бассейнам платформенных и складчатых

областей, в разрезе которых развиты эвапоритовые отложения. Наибольшее количество сероводородов наблюдается в водах открытых и разрушающихся нефтяных месторождений, т.е. там, где имеется связь с поверхностными водами [10].



Рис. 1. Обзорная карта

Соотношение и устойчивость различных серосодержащих соединений в подземных водах определяются совместным воздействием Eh и pH. Основной формой миграции серы в водной среде является сульфатная сера, в кислой восстановительной среде устойчивым серосодержащим компонентом будет H_2S , который при повышении pH сменится на HS^- (pH ~ 7) и S^{2-} (pH ~ 14) [10].

Формирование сероводородов в подземных водах, их концентрирование и рассеивание определяются гидродинамическими и тесно связанными с ними гидрохимическими условиями.

Распространение сероводорода в подземных водах, как правило, зависит от развития в них сульфатредуцирующих бактерий, но в некоторых гидрогеологических закрытых структурах с высоким содержанием сероводорода они не обнаружены. Это дало основание микробиологам утверждать, что процесс сульфатредукции развивается только при наличии водообмена. В процессе жизнедеятельности сульфатвосстанавливающие бактерии используют сульфаты различных минералов (гипса, барита, целестина и др.) и органические соединения [10]. Реакция идет по схеме



Поисковые критерии площади формирования сероводородных вод. Закономерная связь распространения сероводородных вод с сульфатсодержащими и нефтегазоносными осадочными комплексами определяет главнейшие поисковые критерии для сероводородных вод и выделение перспективных областей. Среди природных факторов и условий решающее значение в процессе формирования сероводородных вод имеют следующие: 1) литолого-фациальный состав водовмещающих пород (прежде всего наличие сульфатсодержащих отложений) и нефтегазоносность осадочной толщи; 2) гео-

структурные условия; 3) гидрогеохимическая обстановка; 4) гидродинамические и геотермические условия [10,11,14,15].

Ниже рассмотрены и проанализированы геоструктурные и гидродинамические факторы, связанные с формированием сероводородных вод, выявленные на основе результатов геофизических исследований на южном борту Ферганской впадины.

Исходные материалы

Ферганская впадина ограничена с юга Туркестанским хребтом, с юго-востока – Алайским и с востока – Ферганским.

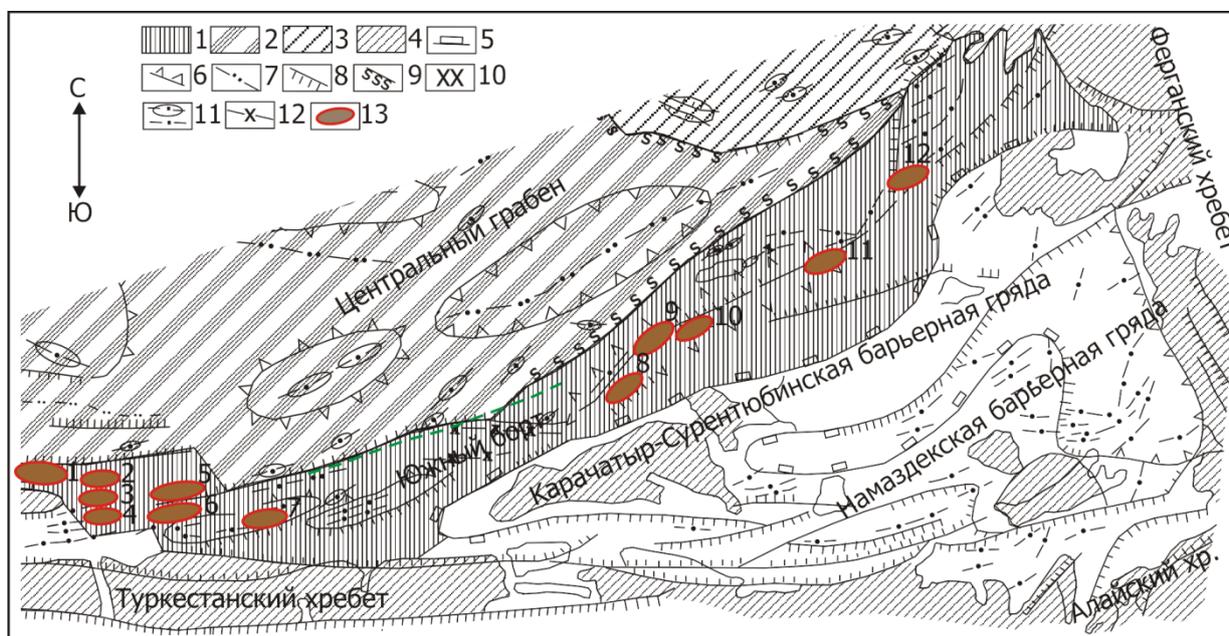


Рис. 2. Схематическая карта тектоники южного борта Ферганской межгорной впадины и перспективные площади на сероводородные воды: 1 – южный борт; 2 – центральный грабен; 3 – северный борт; 4 – выходы на поверхность докембрийских образований; 5 – границы барьерных гряд; 6 – границы антиклинальных зон, поднятий; 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 – Ходжабад, 11 – Южный Аламышик, 12 – Чангырташ

Геологическое строение района. Ферганская впадина – это крупная межгорная депрессия, выполненная мезозой-кайнозойскими отложениями, залегаю-

щими на породах докембрия и палеозоя складчатого фундамента. Его породы, выходя на поверхность в краевых частях депрессии, слагают горные массивы ее об-

рамления, а в центре депрессии фундамент, по данным сейсморазведки, на глубине 10–12 км.

Тектоника. Современное геотектоническое положение Ферганской впадины в пределах Западного Тянь-Шаня трактуется различно, однако многие исследователи называют ее альпийской межгорной депрессией. Ферганская межгорная впадина по структурно-тектоническому строению разделяется на три части: южный борт, северный борт и центральный грабен. Наибольшее количество нефтяных месторождений расположено в южной части Ферганской впадины. Южный борт впадины ограничивается Южно-Ферганским разломом с юга и Карачатыр-Сурентюбинской барьерной грядой с юго-востока. Южный борт и центральный грабен разделяют глубокий тектонический разлом и Андижанская флексура.

Гидрогеологические условия. В водоносном комплексе палеогеновых отложений на юге Ферганского артезианского бассейна выделяются следующие горизонты: бухарский (VIII пласт), алайский (VII пласт), туркестанский (V пласт), риштанский (IV пласт) и сумсарский (II пласт). Комплекс подстилается мощной толщей (40-50 м) водоупорных гипсов, изолирующих водоносные горизонты от нижележащих толщ мела. Отложения палеогена выходят местами на поверхность в осевых частях структур адырной зоны или перекрываются конгломерат-галечниковой толщей континентальных отложений сохско-бактрийского возраста (Чимион) или массагета. В глинисто-карбонатной толще бухарского яруса (пласты VIIa, VIIб) встречаются незначительные водопроявления высокоминерализованных и рассольных вод. На участках активной гидродинамической обстановки тектонически ослабленных и трещиноватых зон создаются условия для активизации в породах яруса биологической сульфатредукции. В результате воды бухарских отложений ряда структур Южной Ферганы обогащаются сероводоро-

дом. Его максимальные концентрации отмечены в районе I антиклинали Шор-Су (~ 1 г/л), на более закрытых структурах, Чимион и Оби-Шифо, они несколько ниже (200-500 мг/л) [11, 15].

К отложениям алайского яруса приурочены два водоносных горизонта – карбонатный (пласт VIIa) и известково-песчанистый (пласт VIIб). Отложения алайского яруса вскрыты скважинами в Шор-Су, Риштане, Ханкызе, Кашкаркыре, Чимионе, Аувале, Палванташе и др., где получены преимущественно рассольные воды хлоридного кальциево-натриевого состава.

На отдельных структурах, где существуют благоприятные условия для формирования сероводорода, в этих отложениях может содержаться довольно значительный объем сероводородных вод. В породах алайского яруса они встречены также в Шор-Су, Палванташе, Андижане, Чимионе с концентрацией H_2S от 100 до 300 г/л [11, 15].

Выделяемый в глинисто-карбонатных отложениях туркестанского яруса V пласт используется для добычи нефти на некоторых промыслах. В основном сероводородные воды обнаружены на северной стороне присводовой части в каждом нефтегазоносном месторождении южного борта Ферганского впадины.

Геофизическая информация для изучения формирования сероводородных вод. По сейсмическим работам нефтяников составлена детальная структурная карта кровли известняков туркестанских слоев палеогена Ферганской впадины (рис. 3).

По проведенным электроразведочным работам методом ВЭЗ (вертикальное электрическое зондирование) с целью поисков залежей нефти в юго-восточной части Ферганской впадины был проведен анализ гидродинамической составляющей подземных вод, т. к. профили ВЭЗ расположены между областью питания и изучаемыми нефтяными месторождениями (рис. 4).

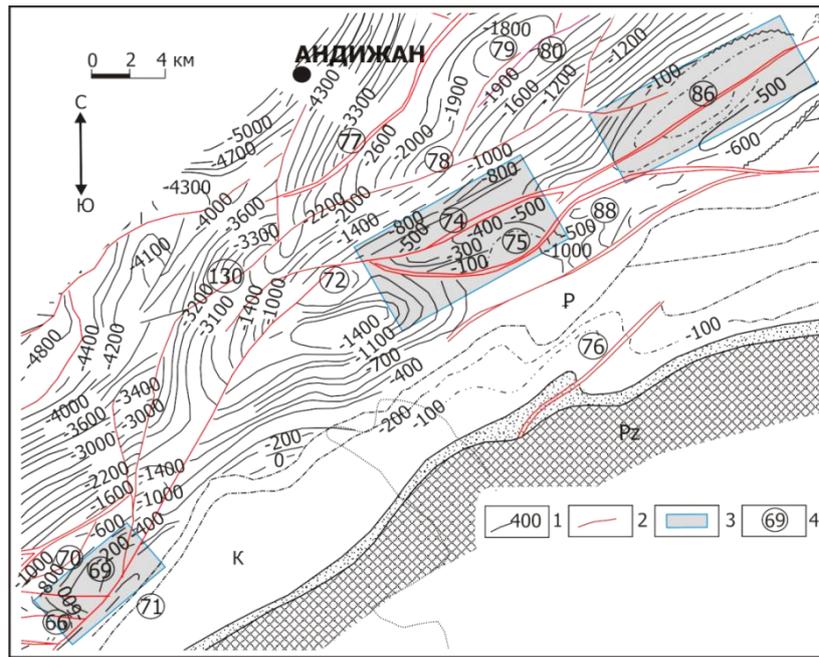


Рис. 3. Структурная карта кровли известняков туркестанских слоев палеогена Ферганской впадины (юго-восточная часть) с выделением перспективных участков на сероводородные воды (по материалам ОАО «Узбекгеофизика», 2006): 1 – изогипсы по кровле V пласта; 2 – разрывные нарушения; 3 – номер локальных структур: 69 – Палванташ, 74 – Андижан, 75 – Ходжабад, 78 – Джаханабад, 79 – Хартум, 86 – Южный Аламышик; 4 – участки работ

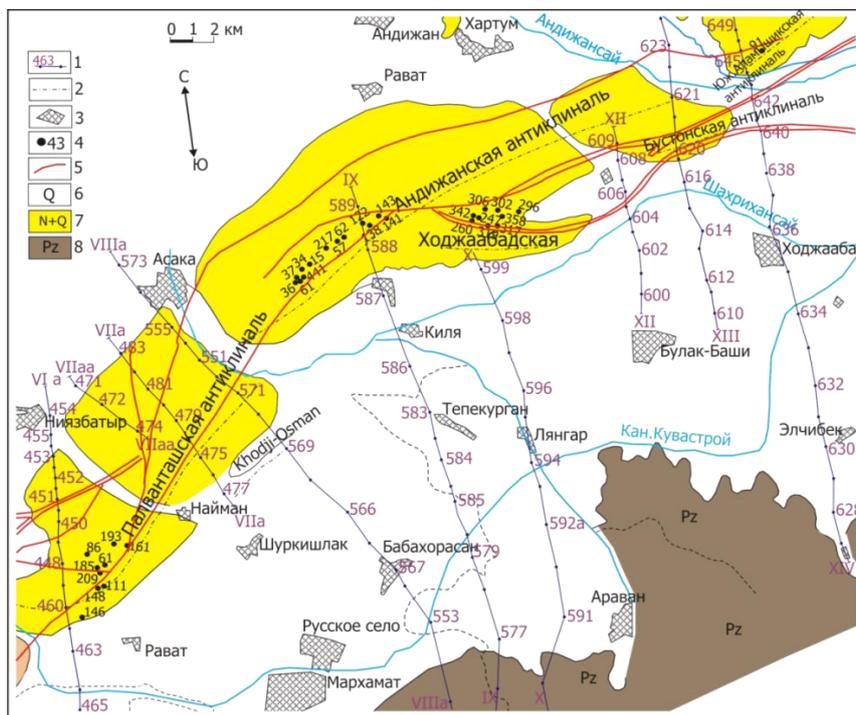


Рис. 4. Карта фактического материала ВЭЗ в юго-восточной части Ферганской долины (по материалам объединения Узбекгеофизика, 1954): 1 – профиль ВЭЗ; 2 – оси антиклинальных складок; 3 – населенные пункты; 4 – нефтяные скважины с сероводородной водой; 5 – тектонические нарушения; 6 – четвертичная система; 7 – четвертичная и неогеновая системы нерасчлененные; 8 – образования палеозойской группы; 9 – геологический профиль

Результаты

По методу сейсморазведки. На структурной карте видно, что нефтяные месторождения Палванташ, Андижан, Ходжаабат и Южный Аламышик, в которых обнаружены сероводородные воды, составляют асимметричную антиклинальную выдвинутую складчатую структуру. В каждой структуре проходит продольный тектонический разлом, благодаря которому происходят взбросо-надвиговые нарушения, т.е. наблюдается смещение слоя. Изучаемый продуктивный нефтеносный пласт, где обнаружены сероводородные воды, залегает на глубине от 800 до 1200 м. К северу глубина залегания понижается от 2500 до 4000 м (рис.3).

Область питания находится на юге Алайского хребта. Расстояние между областью питания и изучаемой антиклинальной структурой составляет 15-20 км с крутого склона.

По методу электроразведки. Первичные материалы интерпретированы и составлены разрезы: физико-геологические и кажущегося сопротивления. Составленные разрезы проанализированы по профилю VIa. Согласно теории электроразведки, кажущееся сопротивление в относительно водоупорных породах увеличивается, а в водопроницаемых породах или толщах, содержащих высокоминерализованные воды и рассолы, уменьшается до незначительных величин (рис. 5) [2, 12,13].

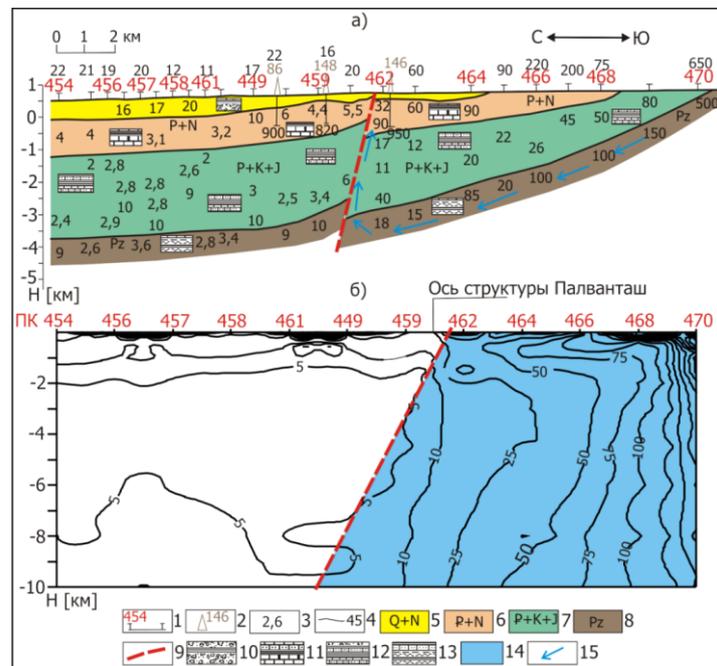


Рис. 5. Разрезы ВЭЗ-VIa: физико-геологический (а); кажущееся электрическое сопротивление (б): 1 – точки ВЭЗ; 2 – скважина глубокого бурения; 3 – удельное электрическое сопротивление; 4 – изолинии КС; 5 – четвертичная и неогеновая системы нерасчлененные; 6 – неогеновая и палеогеновая системы нерасчлененные; 7 – палеогеновая, меловая и юрская системы нерасчлененные; 8 – образования палеозойской группы; 9 – тектонические нарушения; 10 – конгломераты и галечниковые отложения в песчано-глинистом заполнителе; 11 – чередование глин с прослоями плотных песчаников и известняков; 12 – чередование глинистых песчаников, алевролитов с прослоями конгломератов и известняков; 13 – чередование глинистых сланцев с прослоями песчаников, глин; 14 – водонапорный интервал; 15 – направление пластовых вод

Кажущиеся сопротивления водовмещающих пород (нерасчлененные толщи палеогена и неогена, нерасчлененные толщи палеогена, мела, юры и толщи па-

леозоя) в физико-геологическом разрезе и разрезе кажущегося сопротивления достигают больших величин (10-100 Ом·м) между областью питания и тектоническим

нарушением антиклинальной структуры. От тектонического нарушения к северу кажущееся сопротивление уменьшается до незначительных величин (2-5 Ом·м). В интервале 10 км от тектонического нарушения до конца разреза (пк 454) наблюдаются пониженные кажущиеся сопротивления водовмещающей породы (рис. 5, 6). Вследствие тектонического нарушения район исследования разделен на два

участка по степени водопроницаемости пород. В разрезе южная часть имеет сильную, а северная – слабую водопроницаемость. Выявленная обстановка повторяется в остальных разрезах кажущегося сопротивления (профили VIa, VIIa, IX, XIV), пересекающих антиклинальные структуры Палванташ, Андижан, Ходжаабат и Южный Аламышик (рис. 6).

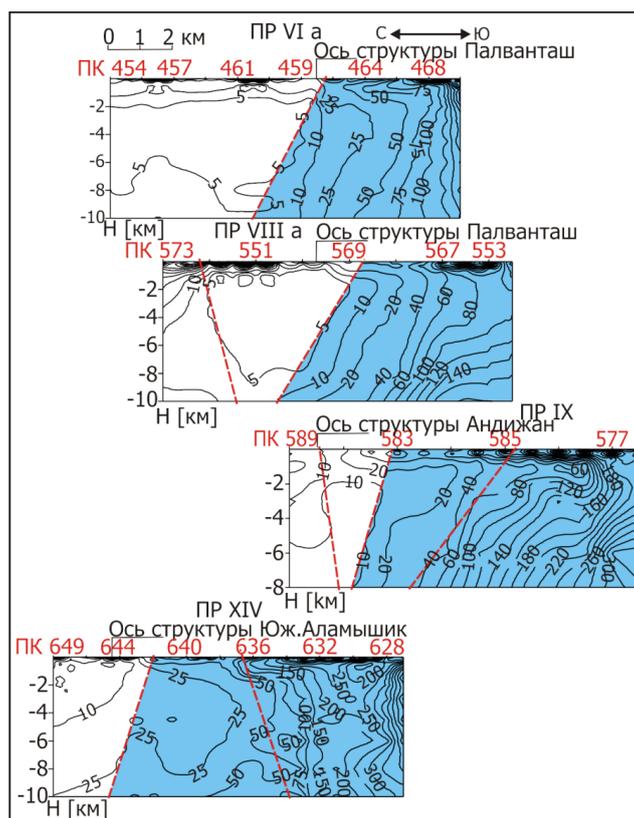


Рис. 6. Сопоставленные разрезы кажущегося электрического сопротивления в районе юго-восточной части Ферганской впадины (усл. обозн. см. на рис. 5)

Обсуждение результатов

Уточнения геоструктурных факторов. Все элементы структур, обнаруженные методом сейсморазведки, создают возможность формирования сероводородных вод в этом регионе (см. на рис. 3). За счет выявленных продольных тектонических нарушений происходят гидродинамические процессы, и инфильтрационные воды просачиваются до нефтеносных горизонтов. Экспериментально установлено, что в процессе инфильтрационного водообмена в течение длительного геологиче-

ского времени растворенный свободный кислород проникает на значительные глубины (до 2 км и более) и распространяется по проницаемым пластам на расстояния до десятков километров [1].

В нефтеносных месторождениях, где формируются сероводородные воды, продуктивный горизонт залегает близко к поверхности земли, что обеспечивает его кислородом и усиливает процесс сульфатредукции за счет проникновения инфильтрационных вод через тектонические разломы. Однако из-за глубокого нахож-

дения в нефтеносных месторождениях Джаханабад (78) и Хартум (79) продуктивные горизонты не обеспечиваются кислородом, в результате сульфатредукционные процессы не происходят, т.е. наблюдается отсутствие сероводородной воды (рис. 3).

Подтверждение происхождения гидродинамических процессов. Изучено происхождение гидродинамического процесса в южном борте Ферганской впадины по данным метода ВЭЗ. Гидравлическое давление в водоносной толще южной части формируется за счет крутого склона и близкорасположенной области питания. Палеозойские и мел-юрские пластовые воды разгружаются вверх, установлено замедление водообменного процесса в присводовой части северного крыла структуры. В результате возбуждаются микробы (органические вещества) в нефтяной толще, т.е. происходят сульфатредуцирующие процессы, как следствие, формируются сероводородные воды палеогена.

Сопротивления водовмещающих пород на физико-геологическом разрезе и в разрезе кажущихся сопротивлений имеют незначительные величины (2-5 Ом·м) на отрезке между тектоническим нарушением и до конца разреза, что характерно для пород с повышенной глинистостью, это не способствует образованию гидравлического давления. В результате гидродинамический процесс не происходит и отсутствуют водообменные и сульфатредуцирующие процессы. На нефтеносных месторождениях Хартум и Джаханабад сероводородные воды не формируются (рис. 3, 5).

Сопоставленные разрезы кажущегося сопротивления показывают, как экран (профили VIa, VIIa, IX, XIV) влияет на развитие гидродинамических процессов в южном борту Ферганской впадины (рис.6).

Выводы

По результатам сейсморазведки уточнены нефтяные месторождения с разру-

шенной антиклинальной структурой, на которых формируются сероводородные воды. По тектоническим нарушениям поверхностные воды проникают в нефтеносные толщи и усиливают сульфатредуцирующие процессы.

Подтверждены гидродинамические процессы в каждой антиклинальной структуре южного борта Ферганской впадины результатами электроразведки.

Водообменная обстановка в нефтеносной толще палеогена создается за счет разгрузки пластовых вод с толщи палеозоя, и, как следствие развивается окислительно-восстановительная реакция с микробами.

Из-за большой глубины продуктивного горизонта и недостаточного гидравлического давления в южной части продольного тектонического нарушения нефтеносных месторождений Хартум и Джаханабад водообменные и сульфатредуцирующие процессы не происходят. В результате сероводородные подземные воды отсутствуют.

Возможности формирования сероводородных вод в нефтеносных месторождениях южного борта Ферганской впадины обоснованы с использованием методов сейсмо- и электроразведки.

Библиографический список

1. *Германов А.И.* Кислород подземных вод и его геологическое значение // Известия АН СССР. Сер. Геология. 1955. Вып.6. С. 70 – 81.
2. *Boiero Daniele, Godio Alberto, Naldi Mario, Yigit Ercan.* Geophysical investigation of a mineral groundwater resource in Turkey // Hydrogeology Journal.2010. №18. P. 1219-1233.
3. *Жураев М.Р.* Технологическая разработка физико-геологической модели месторождения минеральных вод на объекте Чимион по данным геофизических исследований. // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент, 2009. Вып.6. С. 34 – 38.
4. *Жураев М.Р., Джураев Р.Э.* Выявление перспективной площади распространения сульфидных вод в Палванташском нефтегазоносном месторождении // Вестник

- Пермского университета. Геология. 2014. Вып. 1(22). С. 25 – 33.
5. Жураев М.Р., Джураев Р.Э. Распространение сероводородных вод по площади Северного Сохского нефтегазоносного месторождения. // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. 2014. Вып.2.С. 133-140.
 6. Жураев М.Р., Чеботарева О.В., Джураев Р.Э. Перспективы использования сероводородных вод на Андиганском нефтегазоносном месторождении (анализ геолого-геофизических данных) // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, №1.С. 15-20.
 7. Жураев М.Р., Джураев Р.Э. Выявление перспективных площадей сероводородных вод на Чонгарской структуре // Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Еврейской автономной области Биробиджан. Биробиджан, 2014. С.174-174.
 8. Жураев М.Р., Агзамова И.А. Перспективы использования сероводородных вод на Ходжабадском нефтегазоносном месторождении (анализ геолого-геофизических данных) // Материалы XIII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». М.; Тбилиси, 2014. С. 170-173.
 9. Жураев М.Р., Джураев Р.Э. Обоснование перспективных площадей сероводородных вод на выработанных нефтяных месторождениях (на примере структуры Чимшон). // Разведка и охрана недр. 2014. Вып. 10. С. 52-57.
 10. Иванов В.В. Сульфидные воды СССР. М.: Профиздат, 1977. 257 с.
 11. Ибрагимов Д.С. Гидрогеология месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна: автореф. ... канд. г.-м. наук. М., 1964. 25 с.
 12. Кобранова В.Н. Физические свойства горных пород. М.: Недра, 1986. 250 с.
 13. Мелькановицкий И.М. Геофизические методы изучения термальных подземных вод: обзорная информация / РГАСН-ТИ.М., 1998. Вып. 1. 28 с.
 14. Плотникова Г.Н. Сероводородные воды СССР. М.: Недра, 1981. 132с.
 15. Ривман А.И. Сульфидные воды Афганско-Таджикского и Ферганского артезианских бассейнов Средней Азии // Тр. ЦНИИКиФ. 1977.Т.XXXIV.143с.

Correction of the Conditions of Hydrogen Sulfide Waters Formation in the Fergana Basin According to Results of Geophysical Study

M.R. Zhuraev, Sh.Kh. Abdullaev, P.P. Nagevich, R.A. Tursunmetov

Institute of Hydrogeology and Engineering Geology. 64 Olimlar Str., Tashkent 700041, Uzbekistan. E-mail: juraevm@inbox.ru

The structure of the oil fields with faulted anticlinal structure, which form hydrogen sulfide water, was corrected according to the results of seismic and resistivity survey. The surface waters penetrate into the oil-bearing layers through the fractured zones of tectonic faults and increase sulfate-reducing processes. These hydrodynamic processes were confirmed in all the anticlinal structures of southern edge of the Fergana Basin using data of electrical resistivity investigation. The influx of stratal waters from the Paleozoic layers provides a creation of water exchange conditions in the oil-bearing Paleogene formation, and, as a result, supports a microbial redox reaction.

Keywords: *Fergana; sulfate reduction process; water exchange.*

References

1. *Germanov A.I.* 1955. Kislorod podzemnykh vod i ego geologicheskoe znachenie [Oxygen of groundwater and its geological significance]. *Izvestiya akademii nauk SSSR. Ser. Geologiya.* 6: 70 - 81. (in Russian)
2. *Daniele Boiero, Alberto Godio, Mario Naldi, Ercan Yigit.* 2010. Geophysical investigation of a mineral groundwater resource in Turkey. *Hydrogeology Journal.* 18: 1219-1233.
3. *Zhuraev M.R.* 2009. Tekhnologicheskaya razrabotka fiziko-geologicheskoy modeli mestorozhdeniya mineralnykh vod na obyekte Chimyon po dannym geofizicheskikh issledovaniy [Technological development of the physic-geological model of mineral water deposit at the facility Chimyon using geophysical data]. *Geologiya i mineralnye resursy.* 6: 34 - 38. (in Russian)
4. *Zhuraev M.R., Dzhuraev R.E.* 2014. Vyavlenie perspektivnoy ploshchadi rasprostraneniya sulfidnykh vod v Palvantashskom neftegazonosnom mestorozhdenii [Identification the prospective area of sulfide groundwater within the area of Palvantash Oil and Gas deposit]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya.* 1 (22): 25-34. (in Russian)
5. *Zhuraev M.R., Dzhuraev R.E.* 2014. Rasprostranenie serovodorodnykh vod na ploshchadi Severnogo Sokhskogo neftegazonosnogo mestorozhdeniya [Distribution of hydrosulfuric waters in an area of the Northern Sokh oil and gas deposit.]. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologiya.* 2: 133-140. (in Russian)
6. *Zhuraev M.R., Chebotareva O.V., Dzhuraev R.E.* 2014. Prspektivy ispolzovaniya serovodorodnykh vod na Andizhanskom neftegazonosnom mestorozhdenii (analiz geologo-geofizicheskikh danykh) [Perspectives on use of hydrosulfuric waters at the Andizhan oil and gas deposit (analysis of the geological and geophysical data)]. *Regionalnye problemy.* 17 (1): 15-20. (in Russian)
7. *Zhuraev M.R., Dzhuraev R. E.* 2014. Vyavlenie perspektivnykh ploshchadey serovodorodnykh vod na Chongarskoy structure [Revealing of the perspective hydrosulfuric water fields at the Chongar structure]. *In Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiii, posvyashchyonnoy 80-letiyu Evreyskoy avtonomnoy oblasti. Birobidzhan,* pp.174-174. (in Russian)
8. *Zhuraev M.R., Agzamova I.A.,* 2014. Perspektivy ispolzovaniya serovodorodnykh vod na Khodzhabadskom nefetgazovom mestorozhdenii (analiz geologo-geofizicheskikh danykh) [Perspectives on use of hydrosulfuric waters at the Khodzhabad oil and gas deposit (analysis of geological and geophysical data)]. *Materialy XIII Mezhdunarodnoy konferentsii "Resursoproizvodyashchie, maloobkhodnye i prirodookhrannye tekhnologii osvoeniya nedr". Moskva-Tbilisi,* pp. 170-173. (in Russian)
9. *Zhuraev M.R., Dzhuraev R.E.* 2014. Obosnovanie perspektivnykh ploshchadey serovodorodnykh vod na vyrabotannykh neftnykh mestorozhdeniyakh (na primere struktury Chimyon) [Reasoning of allocation the hydrosulfuric water fields at the abandoned oil deposits (example from the Chimyon structure)]. *Razvedka i okhrana nedr,* 10: 52-57. (in Russian)
10. *Ivanov V.V.* 1977. Sulfidnye vody SSSR [Sulfide waters of USSR]. *Profizdat, Moskva,* 257 p. (in Russian)
11. *Ibragimov D.S.* 1964. Hidrogeologiya mestorozhdeniy serovodorodnykh vod yuzhnoy chasti Ferganskogo artzianskogo basseyna [Hydrogeology of the hydrosulfuric water deposits in southern part of the Fergana artesian basin]. *Diss. kand. geol.-min. nauk. Moskva.* (in Russian)
12. *Kobranova V.N.* 1986. Fizicheskie svoystva gornyykh porod [Physical properties of rocks]. *Nedra, Moskva,* 250 p. (in Russian)
13. *Melkanovitsky I.M.* 1998. Geofizicheskie metody izucheniya termalnykh podzemnykh vod: obzornaya informatsiya [Geophysical methods of thermal groundwater investigation: review]. *Moskva, RGASNTI, V. 1,* 28 p. (in Russian)
14. *Plotnikova G.N.* 1981. Serovodorodnye vody SSSR [Hydrosulfuric of the USSR]. *Nedra, Moskva,* 132 p. (in Russian)
15. *Rivman A.I.* 1977. Sulfidnye vody Afgano-Tadzhikskogo i Ferganskogo artzianskikh basseynov Sredney Azii [Sulfide waters of the Afgano-Tadzhik and Fergana artesian basins of the Central Asia]. *Trudy CNIKiF, T.XXXIV,* 143 p. (in Russia)