

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРОВОДОРОДНЫХ ВОД НА АНДИЖАНСКОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ)

Жураев М.Р.<sup>1</sup>, Чеботарева О.В.<sup>1</sup>, Джураев Р.Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт гидрогеологии и инженерной геологии ГоскомгеологииРУз,  
ул. Олимлар 64, г. Ташкент, 100041,  
e-mail: juraevm@inbox.ru

<sup>2</sup>Ферганская гидрогеологическая экспедиция ГоскомгеологииРУз  
пос. Какир, Учкуприкский р-н, Ферганская обл., 113425,  
e-mail: djuraevr@inbox.ru

*В статье изложена методика выявления перспективных площадей сероводородных вод. Уточнены специфические природные геологические факторы, формирующие сероводородные воды в антиклинальных структурах, описано распространение сероводородных вод по концентрации и выделены водообильные участки, а также рекомендованы места заложения скважин. Подсчитан прогнозный эксплуатационный отбор насыщенных сероводородных вод на период 10 лет в количестве 103,7 м<sup>3</sup>/сут.*

*Ключевые слова:* водообильная скважина, кажущееся сопротивление пород, непроницаемый интервал, высокоминерализованные сероводородные воды.

### Введение

В настоящее время в Узбекистане проводятся реформы здравоохранения с целью улучшения здоровья населения. Ее результатом стало увеличение средней продолжительности жизни населения с 67-ми до 73-х лет. Количество людей, обращающихся в службы курортологии Республики Узбекистан, значительно увеличилось за последние годы. Таким образом, вырос спрос на рекреационные ресурсы, в частности на минеральные воды. В настоящее время в Андижанской области функционируют несколько санаториев и профилакториев: «Мархамат», «Бобур», «Шахрихан», «Южный Аламышик» и «Адми». Однако среди них отсутствуют специализированные курорты, направленные на использование сероводородных вод.

В 1950–1960 гг. прошлого века были проведены геологоразведочные работы с целью поиска нефтяных месторождений в юго-восточной части Ферганской впадины. Попутно были обнаружены сероводородные воды в некоторых скважинах на антиклинальных структурах Андижан, Палванташ, Ходжабад и Южный Аламышик. На основе анализа и обобщения выполненных геолого-геофизических работ появилась возможность выявления новых площадей, перспективных на сероводородные воды (рис. 1).

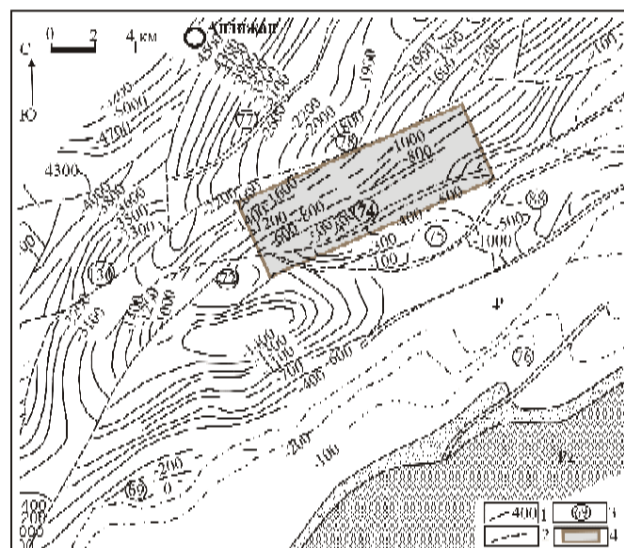
### Задачи исследований

Основными задачами при выявлении площадей и участков, перспективных на эксплуатацию сероводородных вод, являются:

1. Анализ материалов ранее проведенных геологоразведочных работ;
2. Уточнение специфических природных геологичес-

ких факторов, формирующих сероводородные воды, и выявление контуров распространения сероводородных вод по концентрации;

3. Выявление зависимостей между гидрогеологическими показателями (минерализация и дебит воды) и гео-



**Рис. 1. Структурная карта по кровле известняков туркестанских слоев палеогена Ферганской впадины (юго-восточная часть), по материалам Д.Т. Халилова, с выделением перспективных участков на сероводородные воды.**

1 – изогипсы по кровле V пласта; 2 – разрывные нарушения; 3 – номер локальной структуры: 74 – Андижан, 75 – Ходжабад; 4 – участок работ

физическими параметрами (кажущимся электрическим сопротивлением и величиной собственного потенциала (ПС) водовмещающей породы);

4. Выявление водообильных участков по степени проницаемости пород и минерализации подземных вод, в том числе:

- выбор мест заложения скважин;
- прогноз дебита сероводородных вод;
- составление карты прогноза распространения сероводородных вод по туркестанскому и алайскому водоносному горизонту Андижанского нефтяного месторождения.

#### Геолого-гидрогеологическая характеристика структуры Андижан

Андижанская структура расположена в юго-восточной части Ферганской впадины, в 15-ти км к юго-востоку от г. Андижана, входит в состав структуры Андижанской группы и представляет собой ассиметричную брахиантиклиналь длиной 28 км. Северо-западное крыло падает под углом  $18^\circ$ , а юго-восточное –  $50^\circ$ . Система продольных и поперечных тектонических нарушений структуры разбита на пять блоков: юго-западный блок, центральный грабен, восточный блок, восточное поле и восточная переклиналь (рис. 1, 4).

Водоносными в палеогеновых отложениях Андижанской структуры являются III, IV, V, VII и VIII пласты. Они же содержат нефтяные залежи. На месторождении Андижан сероводородные воды залегают в III, V и VII пластах.

III пласт представлен кварцевыми песчаниками мощностью 20 м. Минерализация воды от 57,2 (скв. 730) до 91,6 г/л (скв. 511). Сероводород присутствует от следов до 43,0 мг/л (скв. 93).

V пласт состоит из серых песчаных плотных, местами доломитизированных, и пористых известняков общей мощностью 14 м. Этот пласт является одним из основных нефтесодержащих, поэтому по нему имеется большое количество химических анализов пластовых вод. Для вод V пласта так же как и III, характерно постепенное снижение общей минерализации в направлении с запада на восток и увеличение ее по мере погружения пласта. Наиболее минерализованные воды встречаются в западном блоке (150–157 г/л). В восточной части структуры (восточное поле) минерализация вод снижается до 107–125 г/л. В целом воды V пласта характеризуются как высокоминерализованные хлоридные натриевые,  $H_2S$  – до 172,3 мг/л. В VII пласте общая минерализация несколько возрастает – до 179–210 г/л.  $H_2S$  – от следов до 30 мг/л [4, 6].

#### Оценка специфических природных геологических факторов, определяющих условия образования сероводородных вод

По химическому составу различаются шесть классов минеральных вод: гидрокарбонатные, хлоридные, сульфатные смешанные, биологически активные и газированные. В зависимости от газового состава и наличия специфических компонентов минеральные воды подразделяются на углекислые, сероводородные, азотные, кремнистые, бромистые, йодистые, железистые, мышьяковистые, радиоактивные и др.

В сульфатных водах в окислительной обстановке об-

разуются трудно растворимые соли, выпадающие в осадок. Формирование сероводородных вод часто связано с восстановлением сульфатов в контактовых зонах нефтяных месторождений.

Проблема происхождения сероводорода в подземной гидро- и литосфере привлекает внимание многих исследователей. Закономерная связь распространения сероводородных вод с сульфатсодержащими и нефтегазоносными осадочными комплексами определяет главные поисковые критерии на сероводородные воды и выделение перспективных областей. Среди природных факторов и условий решающее значение в процессе формирования сероводородных вод имеют: 1) литолого-фациальный состав водовмещающих пород (прежде всего, наличие сульфатсодержащих отложений) и нефтегазоносность осадочной толщи; 2) геоструктурные условия; 3) гидрогеохимическая обстановка; 4) гидродинамические и геотермические условия [7].

Рассмотрим наличие специфических природных геологических факторов в Андижанском нефтегазоносном месторождении.

1. *Литолого-фациальный состав водовмещающих пород.* V пласт состоит из серых песчаных плотных, местами доломитизированных, и пористых известняков. Пласт VII представлен доломитизированными известняками мощностью до 45 м. Водовмещающие породы являются эвапоритовыми отложениями, и оба пласта являются нефтеносными.

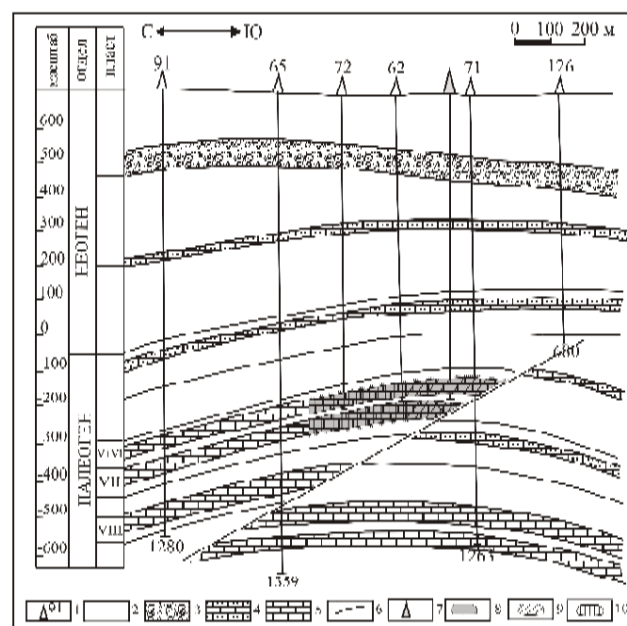


Рис. 2. Геологический профиль в крест простираения складки Андижан по линии I-I.

1 – нефтяная скважина; 2 – глина; 3 – конгломерат; 4 – песчаник; 5 – известняк; 6 – линия нарушения; 7 – проектируемая скважина; 8 – контур распространения насыщенных сероводородных вод (150–250 мг/л); 9 – водопроницаемые породы, рассольные воды (100–125 г/л); 10 – слабо проницаемые породы, крепкорассольные воды (125–160 г/л)

Гидрогеологические и геофизические параметры туркестанского водоносного горизонта по данным опробования скважин и каротажных диаграмм (по V пласту) пл. Андижан

№ скважины	Наличие подземных вод	H <sub>2</sub> S, мг/л	M, г/л	ρ <sub>к</sub> , Ом.м	ПС, мВ	Предел изменения геофизических параметров пород: ρ <sub>к</sub> , Ом.м; ПС, мВ
137	-			250	-75	Газопроницаемая: 90-250 Ом.м; -60 до -75 мВ
197	-			90	-75	
49	-			90	-60	
41	+	17,41	103	62	-60	Водопроницаемая: 25-62 Ом.м; -37 до -75 мВ
138	+	40,26	102,8	60	-75	
124	+		113,9	50	-75	
141	+	102,2	107,8	25	-40	
128	+		128	25	-37	
57	+	237	142,9	14	-70	Слабопроницаемая; 5-15 Ом.м; -55 до -85 мВ
62	+	162,6	135	12	-80	
217	+	38,64	140	15	-70	
102	+		135	15	-55	
122	+	69,80	134,2	14	-75	
123	+		131,9	15	-70	
143	+	80,52	129,9	14	-70	
103	+		136	14	-85	
36	+	440,1	152,6	15	-75	
34	+	768,1	150	7,5	-80	
77	+		157,3	5	-70	
22	+	80	158	5	-70	

2. **Геоструктурные условия.** Структура Андижан расположена в предгорном районе. Область питания подземных вод расположена на северном склоне Алайского хребта. Расстояние между областью питания и структурой составляет 20–30 км. Несколько поперечных и продольных разломов пересекают эту структуру. Продольные нарушения расположены по оси структуры. За счет тектонического нарушения северо-западные части взброшены и надвинуты на юго-восточную часть структуры. Амплитуда горизонтального смещение слоя достигает 400–500 м (рис. 1, 2, 4).

3. **Гидрогеохимическая обстановка.** Вследствие гидродинамических процессов с нижних горизонтов палеозоя вверх поднимается сульфатная вода. В нефтяном пласте при участии органических веществ происходит окислительно-восстановительная реакция с углеводородом, и формируются сероводородные водосодержащие структуры.

4. **Гидродинамические условия.** За счет смещения слоя структуры направляющие пластовые воды с юга становятся водонапорными и в результате разгружаются.

Проведенными исследованиями уточнено наличие специфических природных геологических факторов, формирующих сероводородные воды, и подтверждена возможность их формирования в антиклинальной структуре.

#### Уточнение контура распространения сероводородных вод по концентрации

По данным опробованных скважин изучен и проанализирован качественный состав подземных вод V пласта. В табл. 1 приведены гидрогеологические показатели сероводородных вод.

В результате проведенных исследований оконтурено распространение сероводородных вод по концентрации. Очень насыщенные сероводородные воды (более 250 мг/

л) – распространены в западной и центральной частях структуры, насыщенные сероводородные (100–250 мг/л) – в восточной, слабо- и средненасыщенные сероводородные (10–50; 50–100 мг/л соответственно) – в восточном поле и в восточной переклинали антиклинальной структуры [3]. Концентрация сероводородных вод уменьшается с запада на восток от переклинали структуры. Это связано с минерализацией пластовых вод, так как в западной части распространены крепкорассольные воды, а в восточной переклинали они становятся рассольными.

#### Выявление зависимости между минерализацией подземных вод и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород

Была составлена следующая зависимость  $M = f(\rho_k)$  (табл. 1), рис. 3 [2].

На основе установленной зависимости уточнены пределы изменения геофизических параметров по степени проницаемости пород и минерализации пластовых вод. В водопроницаемой породе рассольные воды (100–

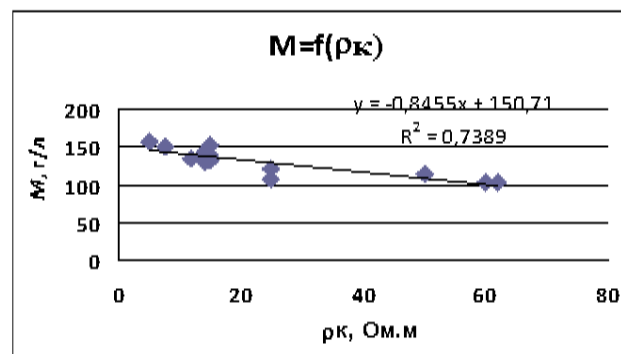


Рис. 3. Зависимость между минерализацией подземных вод и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород

Таблица 3

Геофизические параметры и минерализация туркестанского водоносного горизонта, определенные по каротажным диаграммам (V пласт), пл. Андижан

№ скважины	$\rho_k$ , Ом.м	ПС, мВ	М, г/л	Степень проницаемости пород
39	37	-70	115	Водопроницаемая, рассольные воды (100–125 г/л)
61	45	-60	110	
21	50	-60	108	
40	60	-75	102	
15	35	-85	115	
67	80	-85	100	
31	25	-50	125	
44	40	-80	115	
52	50	-70	108	
51	50	-95	108	
82	50	-85	108	
216	25	-70	125	
76	37	-60	115	
55	25	-75	125	
71	60	-75	102	
87	50	-62	108	
80	62	-85	102	
60	25	-70	125	
105	50	-50	108	
119	25	-60	125	
101	44	-60	111	
97	55	-75	105	
106	35	-80	105	
47	3	45	160	Слабопроницаемая, крепкорассольные воды (145–160 г/л)
8	10	-70	145	
213	7	-85	150	
135	10	-85	145	

125 г/л) характеризуются кажущимся электрическим сопротивлением  $c_k=25-60$  Ом.м, а собственный (естественный) потенциал породы варьирует в интервале: ПС=от -37 до -75 мВ. В слабопроницаемой породе с крепко-рассольной водой (125–160 г/л) сопротивление составляет  $c_k=5-15$  Ом.м и ПС=-55 до -85 мВ.

Произведен анализ геофизических параметров алайского (VII пл.) водоносного горизонта по данным каротажных диаграмм. К отложениям алайского яруса приурочены два водоносных горизонта – карбонатный (пласт VIIа) и известково-песчанистый (пласт VIIб) (табл. 2).

Выделены пределы изменения кажущегося электрического сопротивления и собственного потенциала породы по пласту VIIа: в водопроницаемых породах  $c_k=25-60$  Ом.м и ПС=от -20 до -65 мВ; в слабопроницаемых породах  $c_k=11-18$  Ом.м и ПС=от -55 до -70 мВ; по пласту VIIб: в водопроницаемых породах  $c_k=18-50$  Ом.м и ПС=от -50 до -80 мВ; в слабопроницаемых породах  $c_k=3-9$  Ом.м и ПС=от -43 до -75 мВ.

#### Составление карты прогноза распространения сероводородных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Андижанского нефтяного месторождения

В результате полученных данных составлена карта прогноза распространения сероводородных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Андижанского нефтяного месторождения (рис. 4). Установленная зависимость между минерализацией вод и кажущимся сопротивлением пород использована на неопробованных скважинах, и по ним выделены водообильные участки по степени проницаемости пород и минерализации подземных вод (табл. 3):

Таблица 2

Геофизические параметры алайского водоносного горизонта, по данным каротажных диаграмм (по VII пласту), пл. Андижан

№ скважины	$\rho_k$ , Ом.м	ПС, мВ	Предел изменения геофизических параметров пород: $\rho_k$ , Ом.м; ПС, мВ	
пласт VIIа				
61	55	-50	Водопроницаемая: 25-60 Ом.м; -20 до -65 мВ	
8	45	-65		
40	25	-55		
55	35	-55		
44	25	-55		
82	60	-20		
76	55	-30		
55	37	-30		
47	11	-55		Слабопроницаемая, 11-18 Ом.м; -55 до -70 мВ
15	18	-70		
пласт VIIб				
40	50	-60	Водопроницаемая: 18-50 Ом.м; -50 до -80 мВ	
67	37	-80		
15	20	-80		
52	18	-50		
61	9	-43	Слабопроницаемая, 3-9 Ом.м; -43 до -75 мВ	
8	7,5	-50		
47	7,5	-60		
76	7	-75		
82	3	-45		

- водопроницаемые породы с рассольными водами (100–125 г/л) распространены в северной стороне сводовой части структуры, а также на западе восточной переклинали;

- слабопроницаемые породы с крепкорассольными водами (125–160 г/л) распространены в северной части структуры, на западной и восточной частях антиклинальной структуры (табл. 3).

По результатам анализа геофизических параметров алайского водоносного горизонта, водопроницаемые породы распространены в сводовой части структуры, а слабопроницаемые породы в погруженной части. Рекомендованы семь мест заложения скважин на структуре:

- две скважины – в зоне разломов между западной и центральной частями;

- три скважины – в восточной части;

- две скважины – в восточном поле.

#### Прогноз дебита сероводородных вод

На стадии разведки нефти по опробованным интервалам V и VII пластов получен дебит воды в скважине 40– $Q=25,92$  м<sup>3</sup>/сут. Скважина 40 расположена на северной стороне сводовой части юго-западного блока структуры, где выявлен участок водопроницаемой породы.

Произведен анализ коллекторских свойств водовмещающих пород туркестанского и алайского водоносных комплексов по пяти тектоническим блокам антиклиналь-

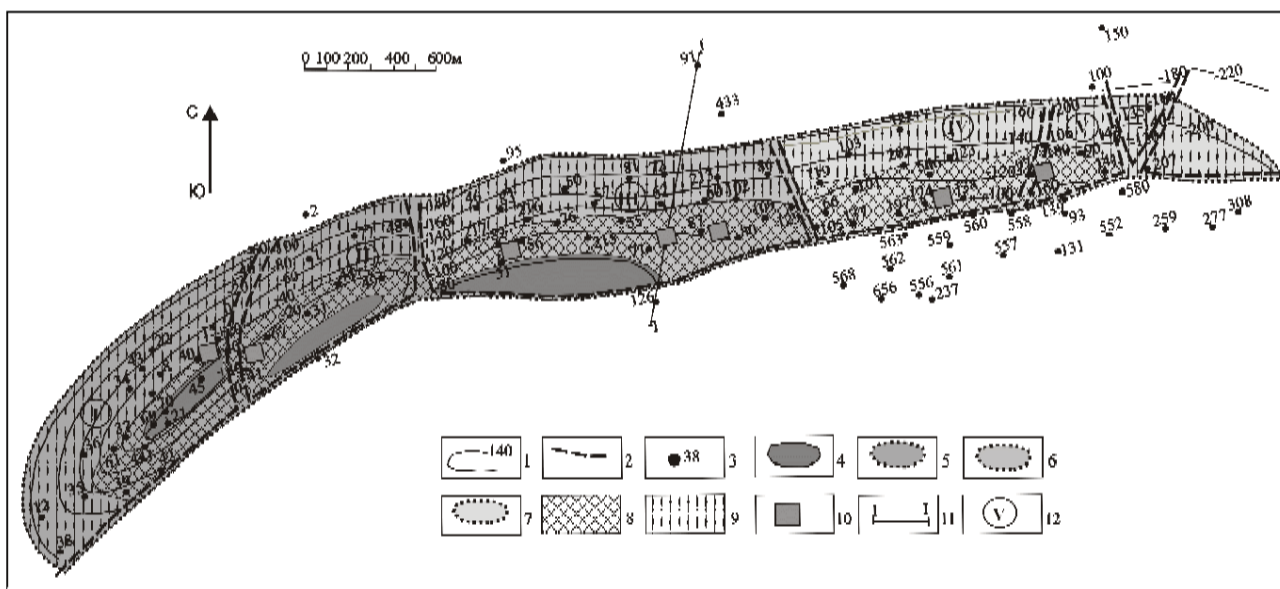


Рис. 4. Карта прогноза распространения сероводородных вод по туркестанскому алайскому водоносным горизонтам палеогена (V, VII пласты) Андижанского нефтяного месторождения:

1 – изогипсы по кровле V пласта; 2 – линии нарушения; 3 – эксплуатационные скважины V, VII пластов; 4 – первоначальный газонефтяной контакт. Контур распространения сероводородных вод по концентрации, мг/л: 5 – очень крепкосероводородные, > 250; 6 – крепкосероводородные, 150–250; 7 – средне- и слабосероводородные, 1–50, 50–100. Дифференциация участков по проницаемости: 8 – водопроницаемые породы, рассольные воды (100–125 г/л); 9 – слабопроницаемые породы, крепкорассольные воды (125–160 г/л); 10 – места заложения скважин; 11 – линии профиля; 12 – тектонические блоки: I – Юго-западный, II – Центральный грабен, III – Восточный, IV – Восточное поле, V – Восточная переклираль

ной структуры. Для оценки емкостных запасов подземных минеральных вод на участках с проницаемой породой в каждом блоке подсчитаны параметры, приведенные в таблице 4 [8]. Коэффициент пористости определен на основе зависимости относительного сжатия от пористости межзерновых карбонатных коллекторов [5].

В результате подсчитаны емкостные запасы сероводородных вод для туркестанского и алайского водоносных горизонтов антиклинальной структуры в количестве 1658,976 тыс. м<sup>3</sup>.

Прогнозное понижение уровня пластовых вод в скважинах определено на период 10 лет с помощью формулы Дюпюи [1]:

$$S = \frac{0,183 * Q}{Km} \lg \left( \frac{2,25 * a * t}{r_{ск}^2} \right),$$

где  $Q$  – дебит скважин, м<sup>3</sup>/сут;  $Km$  – коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сут;  $a$  – пьезопроводность, м<sup>2</sup>/сут;  $t$  – расчетное время, сут;  $r$  – радиус скважины, м.

Удельный дебит был определен по результатам разведки:  $q=0,01$  л/с;  $Km=1$  м<sup>2</sup>/сут;  $a=10^6$  м<sup>2</sup>/сут;  $r_{ск}=0,1$  м. Тогда понижение на период 3650 суток составит 56 м. За 10 лет динамический уровень снизится на 56 м. В аналогичных условиях на соседнем Чимшонском нефтеносном месторождении за время эксплуатации (с 1969 г.) в скважине I самоизлив вод понизился незначительно (+56 м). Таким образом, при эксплуатации, прогнозные дебит, подсчитанный по четырем блокам, составляет 25,92\*4=103,7 м<sup>3</sup>/сут. При этом незначительные емкостные запасы сероводородных вод в восточной переклинали (блок 5, см. табл. 4) значительной роли не играют.

#### Выводы

В результате проведенных исследований сформулированные выше задачи были решены:

1. Установлены закономерности распространения сероводородных вод в пределах Андижанского нефтегазового месторождения, которые заключаются в привязке сероводородных вод к нефтяному месторождению и зоне тектонического нарушения в нефтяной ловушке.

Таблица 4

Запасы сероводородных вод для туркестанского и алайского водоносных горизонтов антиклинальной структуры

№ п/п	Блок	Длина, м	Ширина, м	Мощность горизонта, м	Коэффициент пористости	Емкостные запасы, тыс. м <sup>3</sup>
1.	Юго-Западный	200	700	50	0,0352	246,400
2.	Центральный грабен	140	850	70	0,0352	293,216
3.	Восточный	200	1600	60	0,0352	675,840
4.	Восточное поле	200	900	60	0,0352	380,160
5.	Восточная переклираль	100	300	60	0,0352	63,360
	Всего					1658,976

2. Выявлены признаки локализации сероводородных вод в туркестанском и алайском водоносных горизонтах с помощью методов геофизических исследований в скважинах: повышение кажущегося сопротивления и ПС породы.

3. Существенно расширены бальнеологические перспективы района в результате определения границы распространения сероводородных вод и подсчета емкостных запасов – 1658,976 тыс. м<sup>3</sup>.

4. Подсчитан прогнозный эксплуатационный отбор насыщенных сероводородных вод на 10 лет в количестве 103,7 м<sup>3</sup>/сут.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Боровский Б.В., Дробноход Л.С., Язвин Н.И. Оценка запасов подземных вод. Киев: Вища школа, 1989. 407 с.
2. Зинченко В.С. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных: Учебное пособие для

студентов вузов. Тверь: Изд-во АИС, 2005. 392 с.

3. Иванов В.В., Невраев Г.А. Классификация подземных минеральных вод. М.: Недра, 1964. 166 с.
4. Ибрагимов Д.С. Гидрогеология месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна: автореф. дисс. канд. г.-м. наук. М., 1964. 25 с.
5. Итенберг С.С., Шнурман Г.А. Интерпретация результатов каротажа сложных коллекторов. М.: Недра, 1984. 256 с.
6. Нефтяные и газовые месторождения Узбекистана / подред. Р.Ходжаева. Ташкент: «Фан», 1974. Т. I. 279 с.
7. Плотникова Г.Н. Сероводородные воды СССР. М.: Недра, 1981. 132 с.
8. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод для целей крупного водоснабжения. М.: Изд-во МГУ, 1968. 469 с.

*The article describes the technique of prospecting the sulphurous water area. The authors have specified natural geological factors that form sulphurous waters in anticlinal structures. It is contoured the waters distribution according to their concentration and the sites for laying wells.*

**Keywords:** watery well, apparent resistance of rocks, impermeable interval, highly mineralized brine water.