

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕРОВОДОРОДНЫХ ВОД ПО ПЛОЩАДИ СЕВЕРНОГО СОХСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М. Р. Жураев

ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент

Р. Э. Джураев

ГП «Ферганская гидрогеологическая экспедиция», Коканд

Поступила в редакцию 14 января 2014 г.

**Аннотация:** в статье уточнены специфические природные геологические факторы, необходимые для формирования сульфидных вод на Северном Сохском нефтегазоносном месторождении. Разработана методика выявления перспективных площадей сероводородных вод на основе методов геофизических исследований скважин. Выявлены контуры распространения очень крепкосульфидных вод по V и VII пластам палеогена. Составлены зависимости между минерализацией подземных вод и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород по опробованным интервалам. Составлены карты прогноза распространения сульфидных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Северного Сохского нефтегазоносного месторождения. Применены выявленные зависимости на неопробованных интервалах. В результате выделены сильно- и слабопроницаемые водовмещающие породы и рекомендованы места заложения скважин.

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

**Abstract:** in this paper refined specific natural geological factors necessary for the formation of sulfide waters in the North Sokh oil and gas field. The technique of identifying promising areas sulfurous waters, based on the methods of well logging. Revealed the contours spread very fast sulfide waters to V and VII of the Paleogene strata. Made up the relationship between salinity of groundwater and the apparent resistance of the water-bearing rocks to try out intervals. The maps of the forecast distribution of sulphide waters on Turkestan and Alai aquifers oil and gas field. Applied identified depending on the untested intervals. As a result, marked strongly and exposing poorly permeable Aquiferous rocks and recommended places wells location.

**Key words:** watery hole, the apparent resistivity of rocks, tight spacing, highly mineralized brine water.

Сульфидные воды являются одним из важнейших типов минеральных вод в бальнеологическом отношении. В Узбекистане санаторий «Чимион» занимает особое место. В данное время пять санаториев функционируют за счет Чимионского месторождения сероводородных вод. На курорте осуществляется профильное лечение органов сердечно-сосудистой, опорно-двигательной, периферической нервной систем, кожных покровов, гинекологических, желудочно-кишечных и других заболеваний. Лечебной базой курорта являются крепкие сероводородные мало- и среднеминерализованные воды и рассолы, применяемые после соответствующей подготовки для ведения наружных процедур.

В данное время из-за увеличения количества прибывающих пациентов наблюдается нехватка сероводородных вод. Работы поставлены в соответствии с

постановлением Кабинета министров РУз «О перспективах санаторно-курортной службы Узбекистана» № 14-4-41 от 28.02.2002 г. Выявление перспективных площадей распространения сероводородных вод по южному борту Ферганской впадины является актуальным требованием сегодняшнего дня. Для выполнения этих работ необходимо проводить специальные гидрогеологические и геофизические исследования. Однако в условиях рыночной экономики для проведения этих работ требуются большие финансовые затраты.

Обычно сероводородные воды формируются в пределах нефтяного месторождения. В широких масштабах в 50–60-е гг. XX в. проведены разведочные работы в южном борте Ферганской впадины с целью разведки нефти. Во время разведки были попутно выявлены низкодебитные сероводородные воды в некоторых горизонтах, но целенаправленные исследования минеральных вод по данным геофизики не

проводились. На основе собранных материалов, их переинтерпретации, обобщения и анализа, комплексных геолого-геофизических данных есть возможность выявления перспективных площадей сероводородных вод для максимальной локализации разведочных буровых работ.

### Главнейшие поисковые критерии на сульфидные воды

В Северном Сохе сероводородные воды имеются в V, VII и VIII пластах. Нефтеносными являются IV, VIII пласты, газоносными – II, V и VII пласты палеогена. В этих же пластах обнаружены подземные воды. В V пласте развиты высококонцентрированные сероводородные воды (420–796 мг/л). Воды относительно среднеминерализованные. VII пласт содержит еще более концентрированные сероводородные воды (до

2104 мг/л). По многим скважинам сероводорода в водах обнаружено более чем 1000 мг/л. В VIII пласте наблюдается резкое снижение содержания сероводорода в пластовых водах (рис. 1).

Закономерная связь распространения сульфидных вод с сульфатсодержащими и нефтегазоносными осадочными комплексами определяет главнейшие поисковые критерии на сульфидные воды и выделение перспективных областей. Среди природных факторов и условий решающее значение в процессе формирования сульфидных вод имеют следующие: 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 [1].

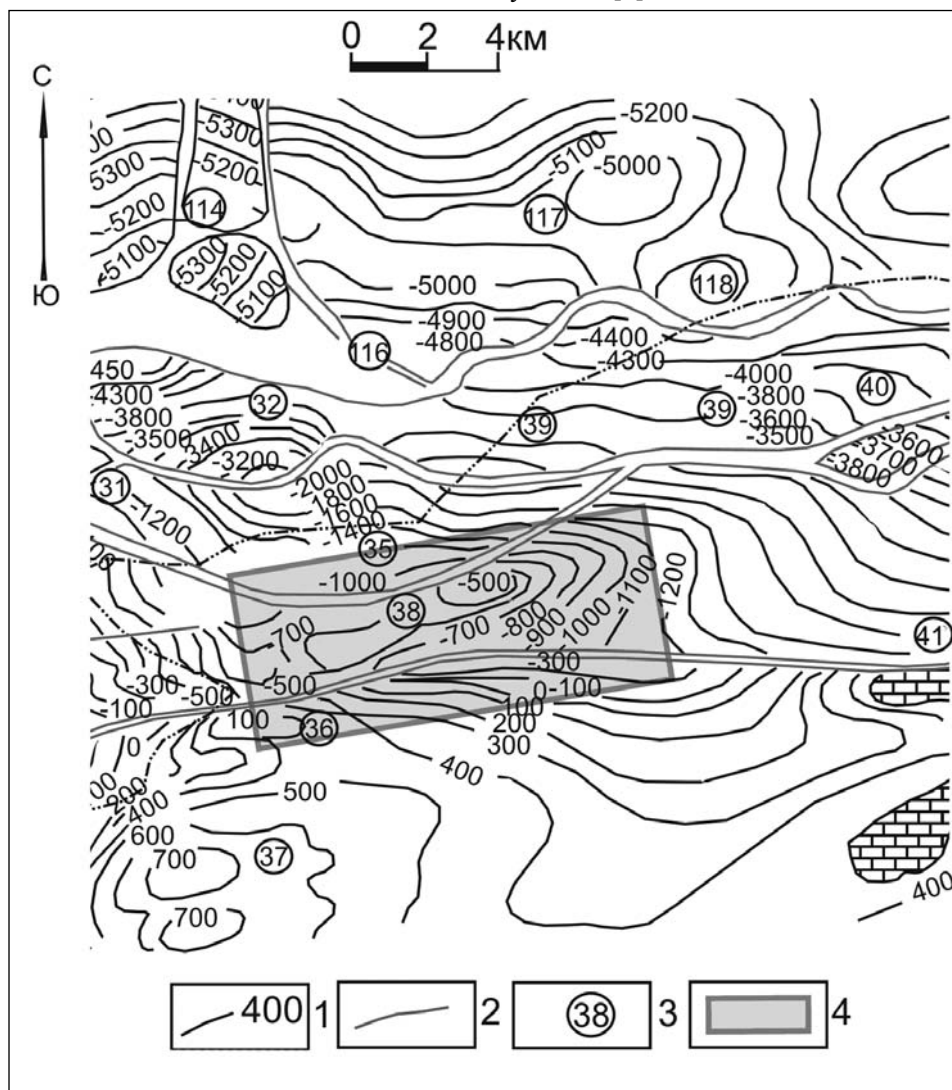


Рис. 1. Структурная карта по кровле известняков туркестанских слоев палеогена Ферганской впадины (юго-западная часть), по материалам Д. Т. Халилова, с выделением перспективных участков на сероводородные воды. 1 – изогипсы по кровле V пласта; 2 – разрывные нарушения; 3 – номер локальной структуры: 36 – Чонгара, 38 – Северный Сох; 4 – участок работ

**Геоструктурные условия.** Северная Сохская структура расположена в юго-западной части Ферганской впадины. Это узкая, асимметричная складка широтного простирания. На погруженных частях южной и северной сторон структуры проходят про-

дольные тектонические разломы. Областью питания считается юг Туркестанского хребта. Расстояние между структурой и областью питания, являющееся крутым склоном протяженностью 20 км (рис. 1, 2, 4 а, б).

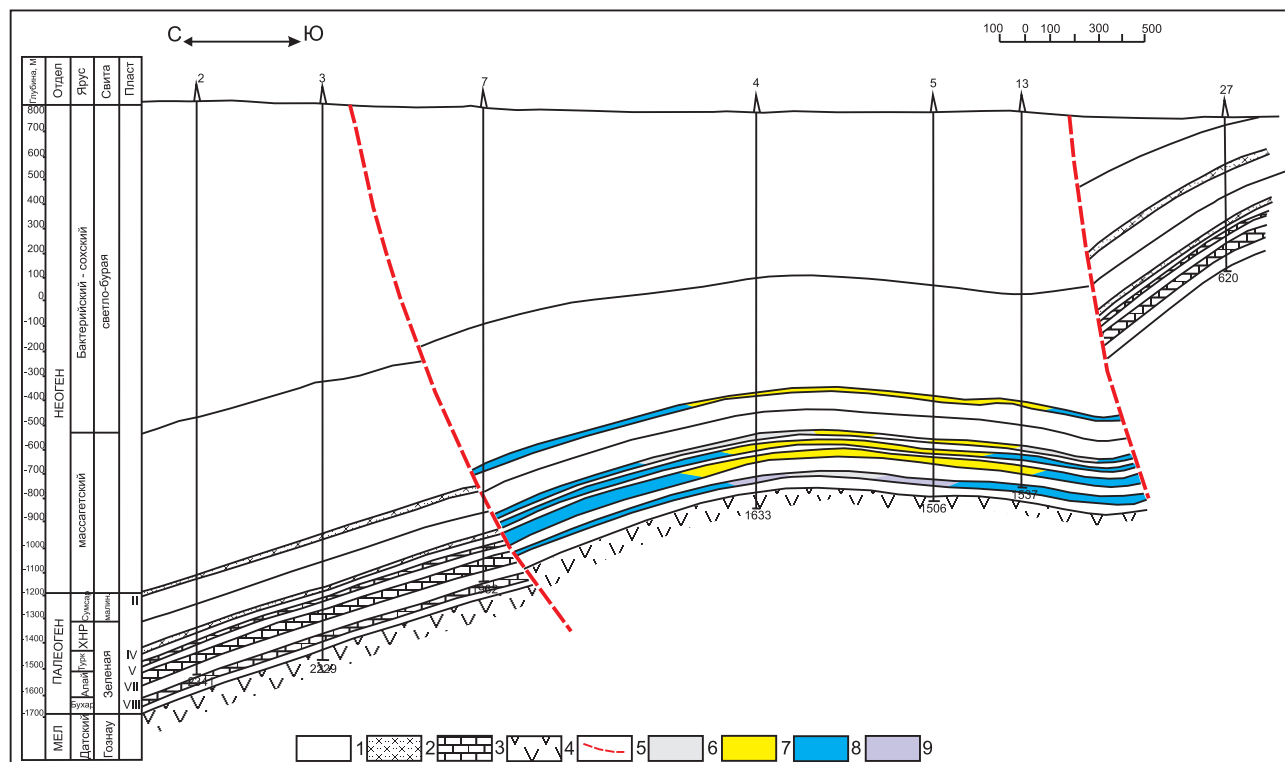


Рис. 2. Геологический профиль в крест простирания складки Северный Сох по линии I-I. 1 – глина; 2 – песчаник; 3 – известняк; 4 – гипс; 5 – линия нарушения; 6 – нефть; 7 – газ; 8 – вода; 9 – зона отсутствия притока

**Гидродинамические условия.** За счет пересекающихся двух продольных тектонических нарушений происходит смешение слоев в толще породы. Вследствие остановки направления потока пластовых вод подпитывающие подземные воды образуют гидравлическое давление. В результате происходит разгрузка сульфатной воды с палеозойского водоносного горизонта.

**Гидрогеохимическая обстановка.** Обычно основными предпосылками при формировании залежей нефти считаются органические вещества, которые заполнены бактериями, с их помощью происходят окислительно-восстановительные процессы, т.е. выполняется биохимическое взаимодействие сульфатной воды с углеводородом.

**Литолого-фациальный состав водовмещающих пород.** Водовмещающие толщи составляют карбонатные породы с высокой трещиноватостью доломитизированных известняков, составляющих VII пласт, которая содействует поступлению большого количества сульфатов к подземным водам.

Выполнение вышеуказанных факторов способствует формированию сульфидных вод в Северной Сохской структуре.

#### Методика выявления перспективных площадей сероводородных вод на основе метода геофизического исследования скважин

С целью разведки нефти и газа в структуре Северного Соха пробурены более 200 скважин и проведены геофизические исследования на каждой скважине. На основе совмещения гидрогеологических данных по опробованным интервалам и коротажных диаграмм имеется возможность проанализировать весь разрез скважины с точки зрения гидрогеологии. Нам известны контуры распространения газа (дебит) и подземных вод (минерализации, концентрации сероводорода) по нескольким скважинам. Работы выполняются в следующем порядке:

– после уточнения наличия специфических природных факторов возникновения сероводородных вод можно оконтурить их на основе выявленного конту-

ра распространения газа и скважин, в которых отмечены сульфидные воды;

– составление зависимости между гидрогеологическими показателями и геофизическими параметрами ( $M = f(\rho_k)$ );

– выявление относительных водообильных участков по степени водопроницаемости пород и минерализации на основе составленных зависимостей между гидрогеологическими показателями и геофизическими параметрами;

– рекомендация мест заложения скважин на основе обобщения результатов гидрогеофизических исследований.

### Выявление контура распространения сероводородных вод по V и VII пластам на структуре Северного Соха

Результаты анализа геологических фактов по структуре подтверждают наличие специфических природных условий для формирования сульфидной воды (рис. 1, 2, 4 а, б). В V пласте в скв. 15 получена вода с концентрацией сероводорода 46 мг/л и в скв. 20 – 419,8 мг/л, по данным Д. С. Ибрагимова [2]. Растворенный сероводородный газ обнаружен в количестве 0,33–0,50 % по всем скважинам V пласта, по данным Р. Ходжаева [3]. Следует полагать, что сульфидные воды формируются в основном на контакте газа с подземными водами. Газ сформировался в сводовой части структуры, а подземные воды распространяются в периферийной части (табл. 1).

Таблица 1

*Гидрогеологические и геофизические параметры туркестанского водоносного горизонта по данным опробования скважин и каротажных диаграмм (V пласт) площади Северный Сох*

Номер скв.	Q, тыс. м <sup>3</sup> /сут (газ)	Q, м <sup>3</sup> /сут (вода)	H <sub>2</sub> S, мг/л	M, г/дм <sup>3</sup>	$\rho_k$ , Ом·м	ПС, мВ	Предел изменения геофизических параметров $\rho_k$ , Ом·м; ПС, мВ
4	52	–			190	–13	В газоносной породе: 125–190 Ом·м; –13 до –55 мВ
5	незначительные	–			125	–22	
19	100	–			190	–35	
23	85,4	–			125	–55	
2	–	1,9		35	62	–40	В водоносной породе: 30–125 Ом·м; –25 до –100 мВ
11	–	2,3		27,4	125	–40	
16	–	11,5		28	90	–65	
14	–	0,75		7,25	125	–40	
3	–	3,2		23,5	90	–100	
7	–	0,34		41	62	–45	
15	–	7,5	46	48	30	–55	
12	–	+		41	90	–41	
20	–	+	419,8	70	20	–25	
26	–	6,4			60	–35	
10	–	57,6			90	–45	
21	–	12–17			90	–55	
6	сухой	–			300	–25	В непроницаемой породе: 250–300 Ом·м; от –12 до –25 мВ
8	сухой	–			375	–20	
18	сухой	–			250	–12	

В VII пласте были выявлены очень крепкие сероводородные воды (от 142,8 до 2104 мг/л) почти на всех скважинах структуры [2]. Растворенный сероводородный газ обнаружен по VIIa пласту от 1,65 до 2,8 %, а также по VIIб пласту от 0,59 до 5,8 % [3]. Следовательно, сульфидные воды распространены по всей структуре (табл. 2а, 2б). На основе выявленных гидрогеологических данных оконтурено распространение сульфидных вод по V и VII пластам (рис. 4 а, б).

### Выявление зависимости между гидрогеологическими показателями и геофизическими параметрами

V пласт представлен серыми известняками. Наиболее минерализованные воды приурочены к сводовой части структуры (скв. 10 и 20). С погружением пласта минерализация вод снижается, особенно в западном направлении (до 7,2 г/л, по скв. 14). Минерализация подземных вод колеблется в пределах от 7,25 до 70 г/л. Дебит воды получен от 0,34 до 57,6 м<sup>3</sup>/сут. Относительно водообильные скважины (скв. 10, 15, 16, 21) расположены в восточной и юго-восточной частях структуры (см. табл. 1).

VII пласт представлен известняками с прослоями глин и мергелей. Данный пласт характеризуется содержанием различных по степени минерализации подземных вод. Минерализация подземных вод колеблется в пределах от 20–25 до 120–125 г/л. Более минерализованные воды развиты на восточном, южном и западном погружениях пласта. Дебит воды наблюдается от 0,5 до 13,3 м<sup>3</sup>/сут. Относительно водообильные скважины (скв. 3, 11 и 16) находятся в северо-западной и восточной частях структуры (табл. 2 а, б).

Проанализированы зависимости между минерализацией подземной воды и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород [4]. В газоносной породе V пласта кажущееся сопротивление составляет 125–190 Ом·м и ПС – от –13 до –55 мВ, а в водоносном интервале сопротивления достигают  $\rho_k = 30 – 125$  Ом·м, ПС – от –25 до –100 мВ, однако непроницаемый интервал показывает  $\rho_k = 250–300$  Ом·м, ПС – от –12 до –25 мВ.

Таблица 2а

Гидрогеологические и геофизические параметры алайского водоносного горизонта по данным опробования скважин и каротажных диаграмм (VIIа пласт) площади Северный Сох

Номер скв.	Q, тыс. м <sup>3</sup> /сут (газ)	Q, м <sup>3</sup> /сут (вода)	H <sub>2</sub> S, мг/дм <sup>3</sup>	M, г/дм <sup>3</sup>	$\rho_k$ , Ом·м	ПС, мВ	Предел изменения геофизических параметров $\rho_k$ , Ом·м, ПС, мВ
20	205,4	–			90	–32	В газоносной породе: 90–220 Ом·м; –32 до –52 мВ
19	200	–			220	–39	
5	97,57	–			125	–30	
13	5,200	–	870		155	–30	
23	+	–			105	–52	
34	+	+	141		95	–35	
2	–	2,2	209	68	67	–40	В водоносной породе: 19–125 Ом·м; –30 до –95 мВ
3	–	13,3	364,5	36	66,5	–95	
7	–	1	142,8	111	45	–60	
10	–	4	1904	105	36,3	–60	
14	–	0,5	–	120	19	–40	
26	–	3,6	–	–	125	–47	
21	–	1,9	–	36	70	–60	
16	–	9	–	–	34,5	–70	
11	–	10	17	–	190	–30	

Таблица 2б

Гидрогеологические и геофизические параметры алайского водоносного горизонта по данным опробования скважин и каротажных диаграмм (VIIб пласт) площади Северный Сох

Номер скв.	Q, т. м <sup>3</sup> /сут (газ)	Q, м <sup>3</sup> /сут (вода)	H <sub>2</sub> S, мг/дм <sup>3</sup>	M, г/дм <sup>3</sup>	$\rho_k$ , Ом·м	ПС, мВ	Предел изменения геофизических параметров $\rho_k$ , Ом·м, ПС, мВ
4	180	–	544		41	–45	В газоносной породе: 41–62 Ом·м, –42 до –45 мВ
5	110	–			47	–42	
23	191	–			62	–45	
13	3,360	–	935	119	25	–45	В водоносной породе: 30–50 Ом·м, –40 до –62 мВ
34	+	+	2104		25	–43	
7	–	6	345	56	50	–40	
2	–	5,02			30	–62	
11	–	10,5			50	–52	
26	–	4,3			37	–58	

В газоносном интервале VIIа пласта величина кажущегося сопротивления пород колеблется  $\rho_k = 90–220$  Ом·м и ПС – от –32 до –52 мВ, в водоносных породах сопротивления – 19–125 Ом·м, ПС – от –30 до –95 мВ. В газоносных породах VIIб пласта

показатели колеблются:  $\rho_k = 41–62$  Ом·м, ПС – от –42 до –45 мВ, а в водоносном интервале –  $\rho_k = 30–50$  Ом·м, ПС – от –40 до –62 мВ. По водовмещающим породам V и VII пластов палеогена была составлена зависимость  $M = f(\rho_k)$  (рис. 3 а, б).

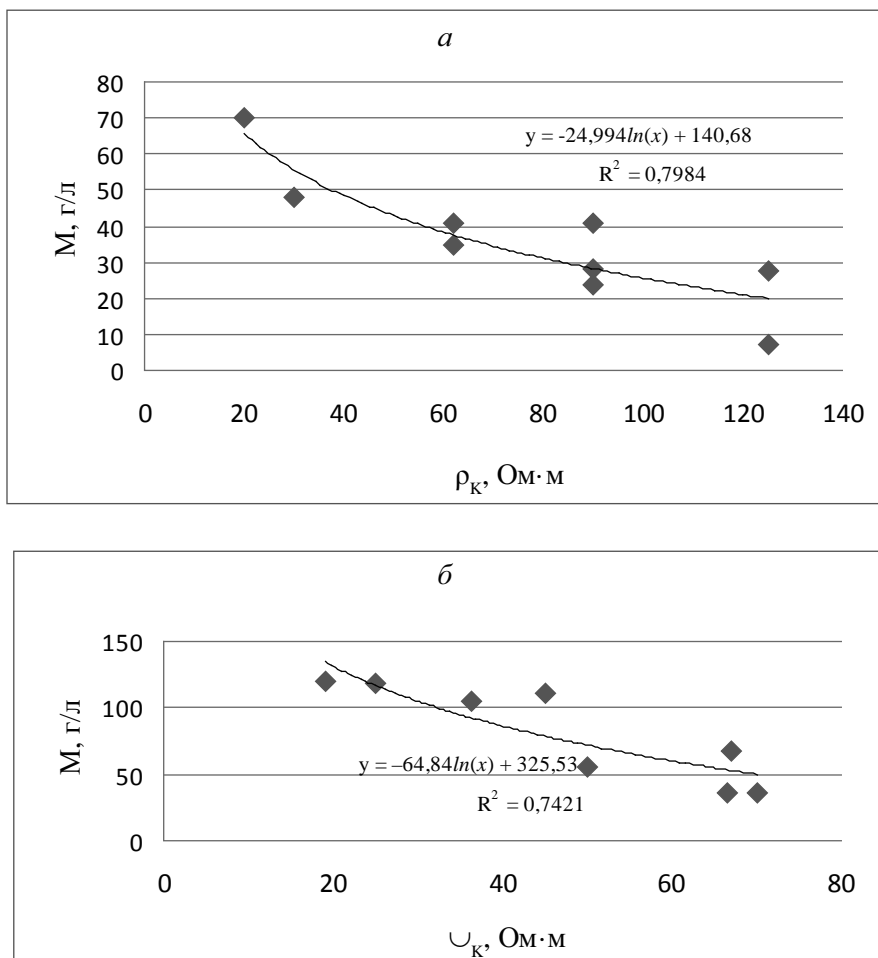


Рис. 3. Зависимости между минерализацией подземной воды и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород (а) – по V пласту, (б) – по VII пласту

**Составление карт прогноза распространения сульфидных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Северного Сохского нефтегазоносного месторождения. Выявление относительных водопроницаемых участков по проницаемости и минерализации**

Составленные зависимости между минерализацией вод и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород применены на неопробованных интервалах V пласта. В результате выявлены относительно водопроницаемые участки. Участки сильнопроницаемой породы с высокоминерализованными водами (15–35 г/дм³) расположены в западной, юго-западной и северо-восточной частях. Слабопроницаемые участки с рассольными водами (35–80 г/дм³) находятся в юго-восточной и северной частях присводового участка структуры (табл. 3, рис. 4а).

*VIIa пласт.* На основе составленной зависимости были выявлены относительно водопроницаемые участки, т.е. сильнопроницаемые породы, высокоминерализованные рассольные воды (20–60 г/дм³), расположенные в северо-западной, западной и южной

частях структуры. Участки со слабопроницаемыми породами и рассольными водами (70–120 г/дм³) расположены в восточной и северо-восточной частях структуры (табл. 4, рис. 4б).

Таблица 3

*Геофизические параметры и минерализации туркестанского водоносного горизонта, определяемые по анализу каротажных диаграмм (V пласт) площади Северный Сох*

Номер скв.	$\rho_k$ , Ом·м	ПС, мВ	М, г/дм³	Степень проницаемости
13	90	-25	27	Сильнопроницаемая порода, высокоминерализованные воды (15–35 г/дм³)
29	90	-45	28	
69	80	-40	30	
102	50	-20	42	Слабопроницаемая порода, рассольные воды (35–80 г/дм³)
113	30	-50	55	
34	62	-20	38	
85	17	-45	65	

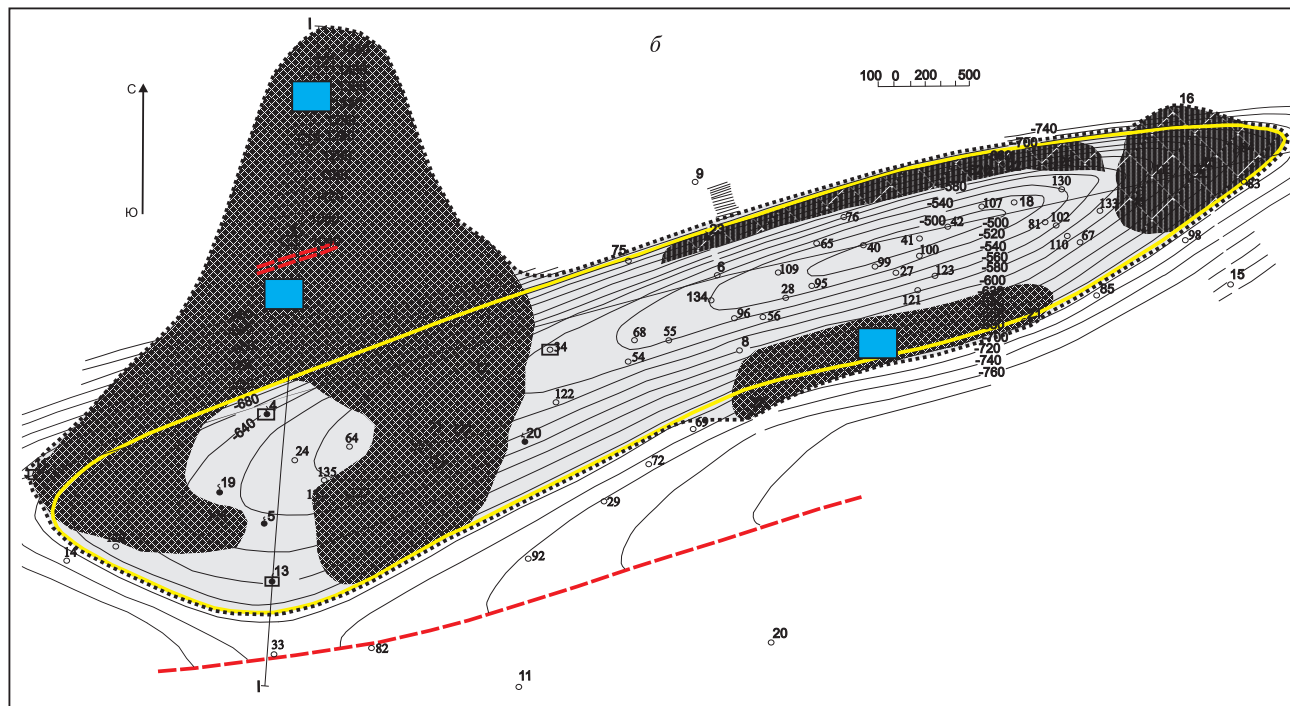
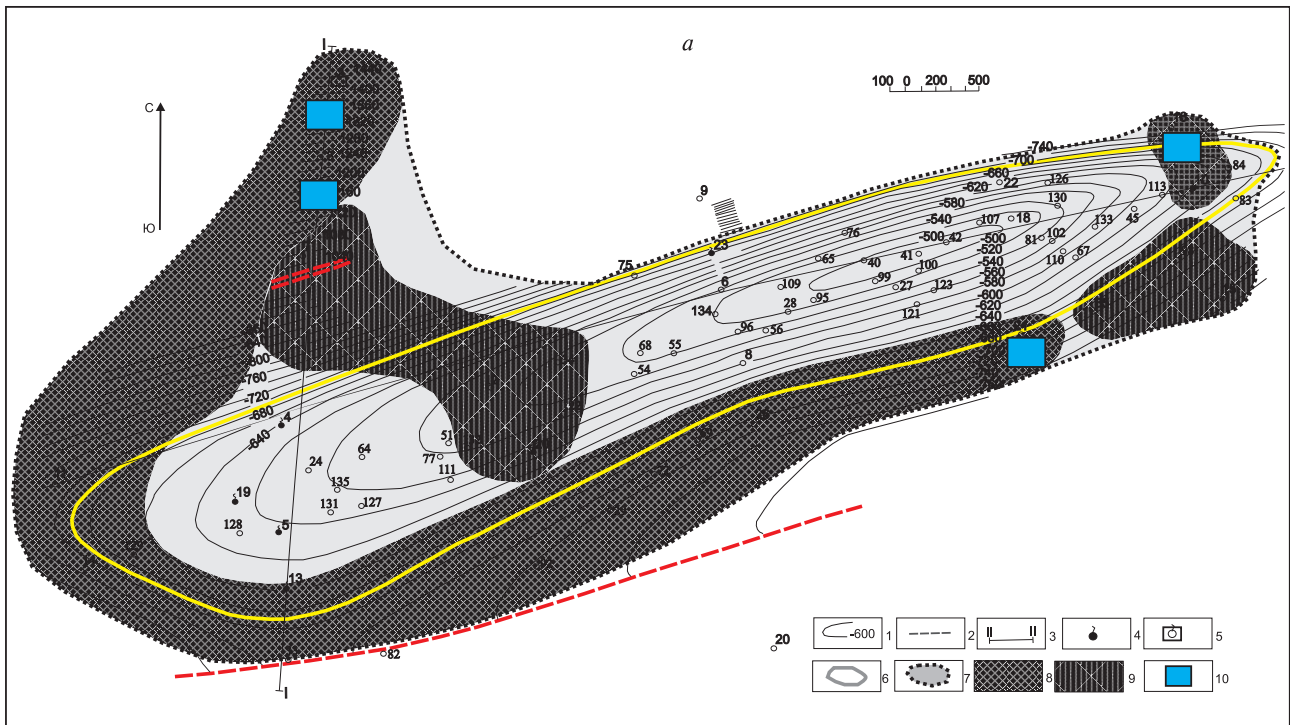


Рис. 4. Карта прогноза распространения сероводородных вод по водоносным горизонтам туркестанскому (а) и алайскому (б) Северного Сохского месторождения минеральных вод. 1 – изогипсы по кровле VII пласта; 2 – линии нарушения; 3 – линии профиля; 4 – скважины, давшие газ; 5 – скважины с сульфидной водой; 6 – контур газоносности; 7 – контур распространения сероводородных вод. Дифференциация участков по проницаемости: 8 – сильнопроницаемая порода, высокоминерализованные рассольные воды (25–30 г/дм<sup>3</sup>); 9 – слабопроницаемая порода, рассольные воды (35–70 г/дм<sup>3</sup>); 10 – место заложения скважин

Таблица 4  
 Геофизические параметры и минерализации алайского водоносного горизонта, определяемые по анализу каротажных диаграмм (VIIa пласт) площади Северный Сох

Номер скв.	$\rho_k$ , Ом·м	ПС, мВ	М, г/дм <sup>3</sup>	Степень проницаемости
18	62	-37	60	Сильнопроницаемая порода: $\rho_k$ (62–190 Ом·м), ПС(-18 до -60 мВ), высокоминерализованные рассольные воды (20–60 г/дм <sup>3</sup> )
127	69	-25	45	
77	72	-18	42	
111	75	-18	40	
12	62	-15	60	
128	69	-8	50	
26	125	-47	20	
21	70	-60	50	
11	190	-30	10	
45	75	-25	40	
113	55	-40	70	Слабопроницаемая порода: $\rho_k$ (19–55 Ом·м), ПС(-10 до -70 мВ), рассольные воды (70–120 г/дм <sup>3</sup> )
126	50	-35	75	
16	34,5	-70	100	
122	19	-10	120	
14	19	-40	120	

В результате составлена карта прогноза распространения сульфидных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Северного Сохского нефтегазоносного месторождения (рис. 4а, б).

Уточнены главнейшие поисковые критерии на сульфидные воды по V и VII пластам палеогена структуры Северный Сох. Разработана методика выявления перспективных площадей сероводородных вод на основе метода геофизического исследования скважин. На основе анализа геолого-геофизической информации была выявлена новая перспективная

площадь с очень крепкой сульфидной водой. Составлена зависимость между минерализацией подземных вод и кажущимся сопротивлением водовмещающих пород. На основе составленной зависимости выявлены относительно водопроницаемые участки. Составлены карты прогноза распространения сульфидных вод по туркестанскому и алайскому водоносным горизонтам Северного Сохского нефтегазоносного месторождения. Рекомендованы места заложения скважин.

По V пласту рекомендуется заложить скважины в восточной части структуры Северный Сох (между скв. 10 и 16), юго-восточной (южная сторона, скв. 21) и северо-западной (между скв. 7 и 3, а также между скв. 3 и 2) (рис. 4а).

По VIIa пласту рекомендуются места заложения скважин на северо-западе структуры (между скв. 2 и 3, а также с южной стороны скв. 7) и юго-востоке (между скв. 26 и 21) (рис. 4б).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плотникова Г. Н. Сероводородные воды СССР / Г. Н. Плотникова. – М.: Недра, 1981. – 132 с.
2. Ибрагимов Д. С. Гидрогеология месторождений сероводородных вод южной части Ферганского артезианского бассейна: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / Д. С. Ибрагимов. – М., 1964. – 25 с.
3. Нефтяные и газовые месторождения Узбекистана / [под ред. Р. Ходжаева]. – Ташкент: Фан УзССР, 1974. – Т. I. – 279 с.
4. Зинченко В. С. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных: учеб. пособие для студентов вузов / В. С. Зинченко. – М.; Тверь: АИС, 2005. – 392 с.

Государственное предприятие «Институт гидрогеологии и инженерной геологии», Ташкент  
 Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан

Жураев М. Р., старший научный сотрудник  
 E-mail: juravm@inbox.ru

Государственное предприятие «Ферганская гидрогеологическая экспедиция», Коканд

Джурев Р. Э., ведущий гидрогеолог  
 E-mail: djuraevr@inbox.ru

State Enterprise «Institute of Hydrogeology and Engineering Geology» (Tashkent) of the State Committee on Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan

Juraev M. R., Senior Researcher  
 E-mail: juravm@inbox.ru

State Enterprise «Fergana hydrogeological expedition», Kokand

Djuraev R. E., Leading Hydrogeologist  
 E-mail: djuraevr@inbox.ru