

обусловленных влиянием форм рельефа на структуру аномального магнитного поля. Искажения, обусловленные рельефом, можно эффективно удалить только при решении обратной задачи, то есть при переходе от магнитного поля к модели магнитной восприимчивости ( $\chi$ ). Для решения этой проблемы мы предлагаем использовать решение 3D обратной задачи на основе метода регуляризации с подбором  $\chi$  сразу во всем кубе модели. При этом необходимым условием получения адекватной модели с геологической точки зрения является положительность значений ( $\chi$ ).

Мы надеемся, что представленные в данной статье материалы убедительно доказывают необходимость более широкого включения низковысотной магнитной съемки с БПЛА в геологоразведочный процесс.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блох, Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий: Учеб. пособие для вузов / Ю.И. Блох. — М.: РГГРУ, 2009. — 232 с.
2. Долгаль, А.С. Учет влияния рельефа при обработке магниторазведочных данных / А.С. Долгаль, Л.А. Христенко // Геофизика. — 1997. — № 1. — С. 51–57.
3. Долгаль, А.С. Компьютерные методы обработки и интерпретации данных гравиметрической и магнитной съемок в горной местности / А.С. Долгаль. — Абакан: ООО «Фирма Март», 2002. — 188 с.
4. Жданов, М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике / М.С. Жданов. — М.: Науч. Мир, 2007. — 710 с.
5. Коротков, В.В. Съемки с использованием беспилотных летательных аппаратов — новый этап развития отечественной геофизики / В.В. Коротков, Н.А. Глинский, В.Н. Кирсанов, Н.Б. Клепер, А.В. Кузнецова, В.С. Цирель // Российский геофизический журнал. — 2014. — № 53–54. — С. 122.
6. Кортунов, В.А. Методические указания к изучению курса «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий» / В.А. Кортунов, Е.Н. Суховеев. — Владивосток: ДВГТУ, 2004. — 47 с.
7. Костюк, В.П. Калиевый щелочной магматизм Байкало-Становой рифтогенной системы / В.П. Костюк, Л.И. Панина, А.Я. Жидков и др. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1990. — 239 с.

8. Паршин, А.В. Низковысотная беспилотная аэромагниторазведка в решении задач крупномасштабного структурно-геологического картирования и поисков рудных месторождений в сложных ландшафтных условиях / А.В. Паршин, А.Е. Будяк, А.В. Блинов, А.Н. Костерев, В.А. Морозов, А.О. Михалев, С.Н. Просекин, Ю.И. Тарасова, А.М. Спиридонов // География и природные ресурсы. — 2016. — № 6. — С. 150–155.

9. Паршин, А.В. Первые результаты методических работ по применению беспилотных аэрогеофизических технологий на стадии поисков месторождений урана / А.В. Паршин, Н.А. Гребенкин, В.А. Морозов, А.К. Ржевская, Ф.Н. Шикаленко // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 11. — С. 59–64.

10. Методические рекомендации по средне- и крупномасштабной магнитной картографии / Под. ред. Глебовского Ю.С. — Л.: НПО «Рудгеофизика», 1990. — 84 с.

11. Barnard, J. The use of unmanned aircraft in oil, gas and mineral E+P activities / J. Barnard // SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2008. — P. 1132–1136.

12. Macharet, D.G. Autonomous Aeromagnetic Surveys Using a Fluxgate Magnetometer / D.G. Macharet, H.I.A. Perez-Imaz, P. A.F. Rezeck, G.A. Potje, L. C.C. Benyosef, A. Wiermann, G.M. Freitas, L. G.U. Garcia, M. F.M. Campos // Sensors, 2016. — № 1. — 2169 p.

13. Nabighian, M.N. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section — Its properties and use for automated anomaly interpretation / M.N. Nabighian // Geophysics. — 1972. — V. 37. — P. 507–517.

14. Nabighian, M.N. 75th anniversary — The historical development of the magnetic method in exploration / M.N. Nabighian, V.J.S. Grauch, R.O. Hansen, T.R. LaFehr, Y. Li, J.W. Peirce, J.D. Phillips, M.E. Ruder // Geophysics. — 2005. — V. 70. — P. 33–61.

15. Spicer, B. Structure of the Rambler Rhyolite, Baie Verte Peninsula, Newfoundland: Inversions using UBC-GIF Grav3D and Mag3D / B. Spicer, B. Morris, H. Ugalde // Journal of Applied Geophysics. — 2011. — V. 75. — P. 9–18.

16. Wood, A. Experimental aeromagnetic survey using an unmanned air system / A. Wood, I. Cook, B. Doyle, M. Cunningham, C. Samson // The Leading Edge. — 2016. — N 35(3) — P. 270–273.

© Коллектив авторов, 2019

Тарасов Андрей Вячеславович // tarsaov@virg-npp.ru  
Ихина Эльвина Радиковна // ihina.elvina@mail.ru  
Каюков Александр Евгеньевич // ak@bngeo.com  
Гоглев Дмитрий Алексеевич // d.goglev@geoscan.aero

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК: 556

Гавеиш В.Р.<sup>1,2</sup>, Мараев И.А.<sup>1</sup>, Эль-Дееб М.А.-С.<sup>2</sup>, Эль-Барбари С.М.<sup>2</sup> (1 — МГРИ-РГГРУ, 2 — Национальный Исследовательский Институт Астрономии и Геофизики (NRIAG), г. Каир, Египет)

### ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ (ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ)

Район исследования расположен в оазисе Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет. Население этого района употребляет для питья и сельского хозяйства некачественную воду из поверхностных источников. Кроме того, эта вода загрязнена отходами, расположенного недалеко от района исследования, рудника Эль-Гедида, поэтому важно изучить качество подземных вод для

целей орошения. Из открытых скважин было взято 11 проб грунтовых вод. Многие геохимические диаграммы были построены программой AquaChem для определения типа и качества проб воды, собранных в исследуемом районе. **Ключевые слова:** подземный водоносный горизонт, гидрохимический анализ, оазис Эль-Бахария, Египет.

Gaveish V.R.<sup>1,2</sup>, Maraev I.A.<sup>1</sup>, El-Deeb M.A.-S.<sup>2</sup>, El-Barbary S.M.<sup>2</sup> (1 — MGRI-RGGRU, 2 — National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), Cairo, Egypt)

### HYDROCHEMICAL ANALYSES FOR ASSESSMENT OF GROUNDWATER AQUIFER IN EL-BAHARIYA OASIS (WESTERN DESERT, EGYPT)

The study area is located in El-Bahariya Oasis, Western desert, Egypt. It is located near from El-Gedida Mine for iron exploration, so this mine maybe polluted the groundwater in the study area. Therefore, it's important to study

the quality of groundwater for irrigation purpose. Eleven groundwater samples were collected from open wells and many geochemical diagrams were constructed by AquaChem program to determine the type and quality of water samples that collected from the study area. **Keyword:** groundwater aquifer, hydrochemical analysis, El-Bahariya Oasis, Egypt.

### Введение

Подземные воды являются важным природным ресурсом. В Египте растет спрос на водные ресурсы в связи с развитием сельского хозяйства, особенно в таких засушливых районах, как оазис Эль-Бахария в Западной пустыне Египта. Область исследования расположена в окрестностях дер. Мандиша в северо-восточной части оазиса Эль-Бахария в 15 км от источников поверхностных вод Эль-Хара и рудника Эль-Гедида, где ведется добыча и переработка железной руды. Район исследования площадью 36,13 км<sup>2</sup> расположен между широтами 28° 16' 22"С и 28° 19' 14"С и долготами 28° 55' 40"В и 28° 59' 50"В (рис. 1).

Район исследования страдает от нехватки поверхностных вод. Поэтому необходимо использовать другой источник воды, а именно, подземные

воды. Основной водоносный горизонт в исследуемом районе расположен в Нубийском песчанике (Сеноман) [6].

Для оценки качества подземных водоносных горизонтов для целей орошения был сделан гидрохимический анализ проб воды, отобранных из скважин в районе исследования.

### Гидрохимический анализ собранных проб воды:

**А) Отбор проб грунтовых вод:** район расположен в дер. Мандиша, северо-восточная часть оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет (недалеко от источников спрингс Эль-Хара и шахты Эль-Гедида, где ведется добыча железной руды), поэтому район исследования может быть загрязнен. Для изучения качества грунтовых вод для целей орошения на исследуемом участке было собрано 11 проб воды (рис. 2А, 2Б). Они были проанализированы и интерпретированы программой Aquachem [3] для построения концентрации катионов и анионов на гидрохимических диаграммах для определения типа воды.

**Б) Лабораторный анализ (физико-химический анализ):** физические параметры, такие как рН, электропроводность ( $\sigma$ ) измерялись с помощью счетчика качества воды Ханна [5]. Основные ионы ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,

### Физико-химические показатели отобранных проб воды

ID	X	Y	Высота (М)	pH	$\sigma$ (мкСм/см)	T.D.S (PPM)	K <sup>+</sup> (PPM)	Na <sup>+</sup> (PPM)	Mg <sup>2+</sup> (PPM)	Ca <sup>2+</sup> (PPM)	CL <sup>-1</sup> (PPM)	(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> (PPM)	(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup> (PPM)	Адсорбция Na <sup>+</sup>
1	691700	3134034	132	7.35	1750	1120	20.723	179.4	36.84	102	379.85	182.4	122	3.9
2	691747	3133665	124	7.38	1350	864	17.986	149.5	16.08	84	308.85	100.8	103.7	3.9
3	695259	3132051	136	7.4	1420	909	26.979	165.6	18.12	76	326.6	120	91.5	4.4
4	694989	3129408	146	7.38	530	339	8.211	45.77	12	36	102.95	56.64	56.12	1.7
5	689247	3129954	139	7.35	790	506	10.166	82.8	14.88	42	156.2	86.4	61	2.8
6	691528	3131236	136	7.42	1480	947	27.761	161	20.28	88	333.7	134.4	97.6	4.02
7	695606	3131345	136	7.4	3790	2426	38.318	434.7	92.64	186	1001.1	312	134.2	6.5
8	695543	3130337	144	7.39	1910	1222	26.197	220.8	27.96	110	475.7	139.2	109.8	4.8
9	695138	3132283	138	7.41	2830	1811	32.062	319.7	57.36	156	734.85	216	128.1	5.6
10	691705	3131919	133	7.42	960	614	10.948	98.9	23.04	42	198.8	86.4	73.2	3
11	690513	3132275	134	7.5	1220	781	16.422	126.5	17.76	76	266.25	100.8	97.6	3.4



Рис. 1. Карта расположения исследуемой территории

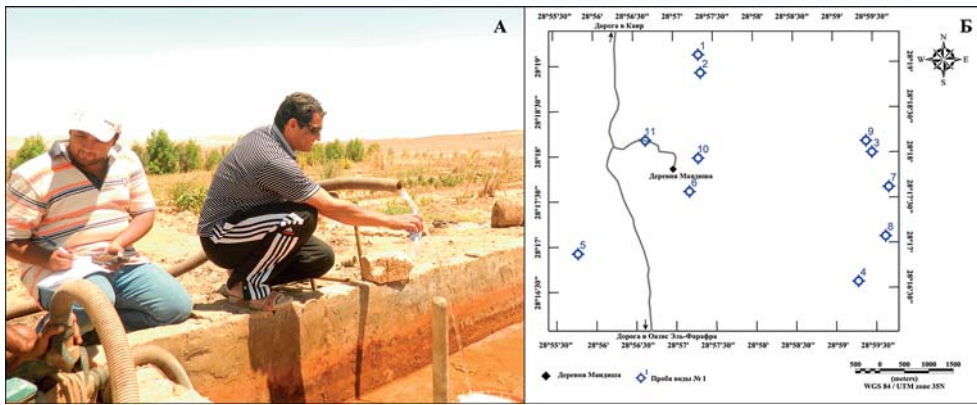


Рис. 2. Обор проб воды: А — во время отбора проб воды; Б — карта местоположения сбора проб воды

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{SO}_4)^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) были проанализированы в лаборатории с использованием стандартных методов, предложенных Американской ассоциацией общественного здравоохранения [2]. Среди анализируемых ионов с помощью пламенного фотометра определяли натрий ( $\text{Na}^+$ ) и калий ( $\text{K}^+$ ). Кальций ( $\text{Ca}^{+2}$ ), магний ( $\text{Mg}^{+2}$ ), бикарбонат ( $(\text{HCO}_3)^-$ ) и хлорид ( $\text{Cl}^-$ ) анализировали объемными методами, а сульфат ( $(\text{SO}_4)^-$ ) оценивали с помощью спектрофотометра.

Концентрации основных ионов ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{SO}_4)^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), адсорбированных  $\text{Na}^+$ , pH, электропроводность ( $\sigma$ ) и Общая минерализация «Т.Д.С» собранных проб воды, представлены в таблице.

**В) Гидрогеохимические фации:** геохимические истории и структура стока подземных вод могут быть определены путем интерпретации гидрогеохимических фаций.

Изменения качества подземных вод в пределах водоносных горизонтов можно понять построив концентрации доминирующих ионов на геохимических диаграммах в виде диаграммы **Пайпера** [1]. Эта диаграмма в основном состоит из двух треугольных полей, каждое

из которых представляет состав катионов и анионов, а ромбовидное поле представляет состав катионов и анионов, присутствующих в грунтовых водах. Классификация гидрогеохимических фаций грунтовых вод, построенная по трилинейной диаграмме **Пайпера**, приведена на рис. 3А.

Собранные пробы воды были нанесены на диаграмму **Пайпера** (рис. 3Б), которая показывает, что основной катион в пробах воды за

исключением пробы № 4 — натрий. Во всех собранных пробах основные анионы — хлориды. Тип воды всех собранных проб — это  $\text{NaCl}$  (Тип II;  $\text{Na} - \text{K} - \text{Cl} - \text{SO}_4$ ), за исключением пробы воды № 4, тип которой является смешанным —  $\text{CaMgCl}$  (Тип I;  $\text{Ca} - \text{Mg} - \text{Cl} - \text{SO}_4$ ).

Карта Общая минерализация (Т.Д.С.), построенная программой Геософт [4], использована для оценки минерализации воды во всех собранных образцах воды. Самая низкая минерализация воды определена в образцах № 4 и 5. Значение минерализации этих проб менее 700 PPM (менее 0,7 г/л) (рис. 4). Карта Общая минерализация показала, что пресная вода расположена в юго-восточной и юго-западной частях района исследования, но соленая вода сконцентрирована в северо-восточной части района исследования (рис. 4).

Концентрацию катионов ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$  и  $\text{Ca}$ ) и анионов ( $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$  и  $\text{HCO}_3$ ) во всех отобранных пробах воды определяли по диаграмме **Шюеллера** (рис. 5). Концентрация катионов и анионов измерялась по частям на миллион PPM. Наименьшее значение концентрации катионов и анионов было в пробах воды № 4 и 5, а наибольшее значение — в пробах № 7 и 9 (рис. 5).

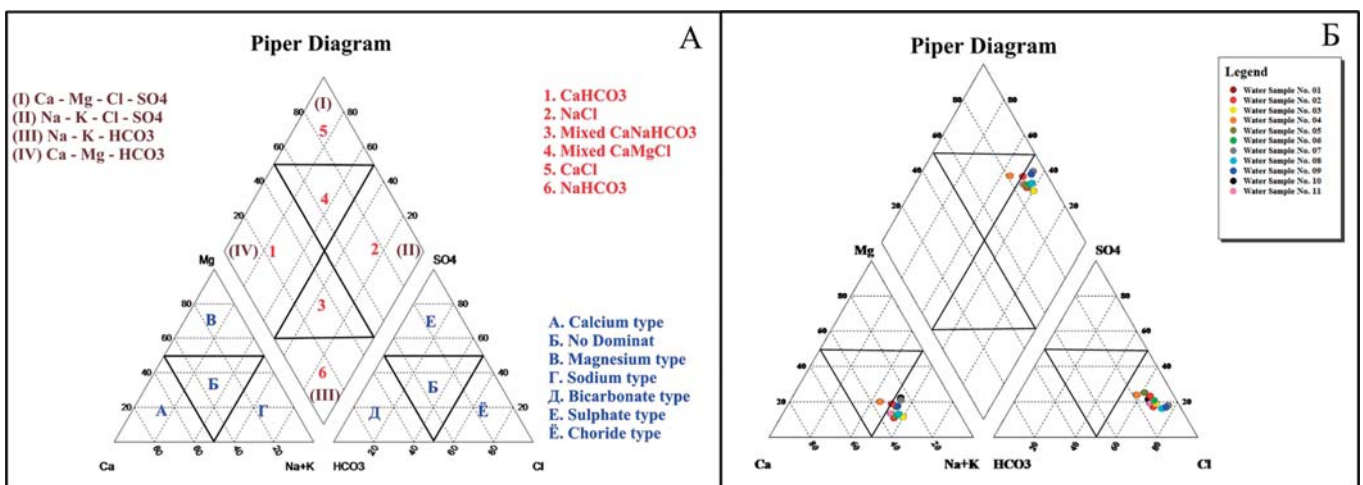


Рис. 3. Диаграмма Пайпера: А — типы воды диаграммы Пайпера; Б — собранные пробы воды были нанесены на диаграмму Пайпера

Качество отобранных проб воды для орошения полей определяется по диаграмме **Вилкоккс — ЮССЛ** (рис. 6). Наименьшая концентрация натрия в образцах воды № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10 и 11, а наибольшая концентрация — пробах воды № 7, 8 и 9. Опасность

засоления почвы является средней при пробе воды № 4. Опасность засоления почвы высока при пробах воды № 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10 и 11 и опасность засоления почвы очень высока на образцах воды № 7 и 9.

### Обсуждение и выводы

Область исследования расположена в районе Мандиша, северо-восточной части оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет. Она расположена недалеко от рудника Эль-Гедида, где ведется добыча железной руды. Таким образом, подземный водоносный горизонт в районе исследования может быть загрязнен из рудника Эль-Гедида. Было установлено много гидрохимических диаграмм для определения качества подземных вод для целей орошения, таких как: Диаграмма Пайпера — Общая минерализация — Диаграмма Шюеллера и Диаграмма Вилкоккс — ЮССЛ.

Диаграмма Пайпера применяется для определения типа воды во всех пробах воды. Общая минерализация применяется для определения того, какая проба воды является пресной водой / соленой водой. Диаграмма Шюеллера применяется для определения концентрации катионов и анионов во всех пробах воды. Диаграмма Вилкоккс — ЮССЛ — для определения концентрации натрия во всех образцах воды.

Таким образом, основанный на результатах гидрохимических анализов собранных образцов воды, образец № 4 считается допустимой водой для орошения почвы. Пробы № 5 и 10 считаются средней допустимой водой (50 %) для орошения. Пробы воды № 1, 2, 3, 6, 8 и 11 ограниченно допустимы для орошения. Пробы воды № 7 и 9 недопустимы для орошения.

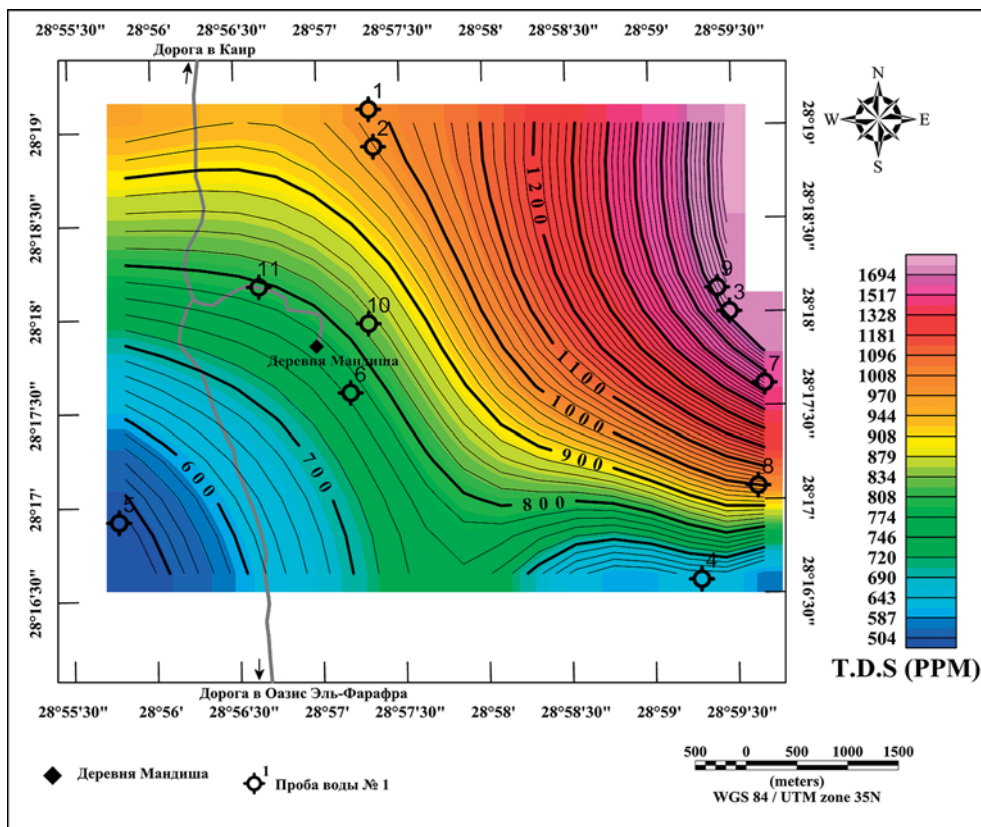


Рис. 4. Общее количество растворенных твердых веществ на карте

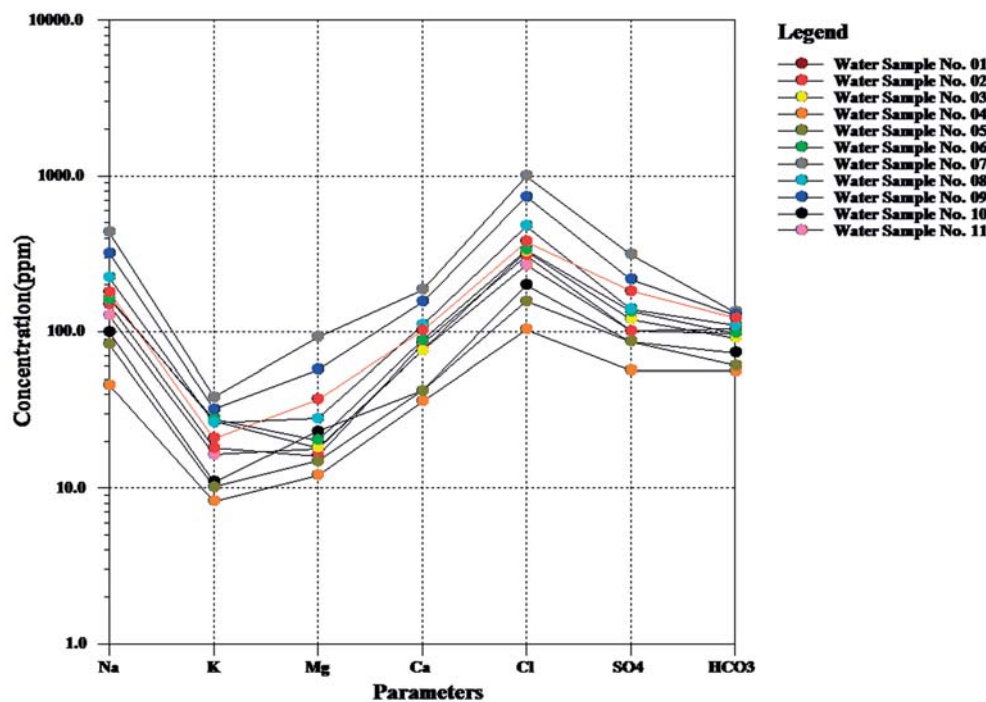


Рис. 5. Диаграмма Шюеллера

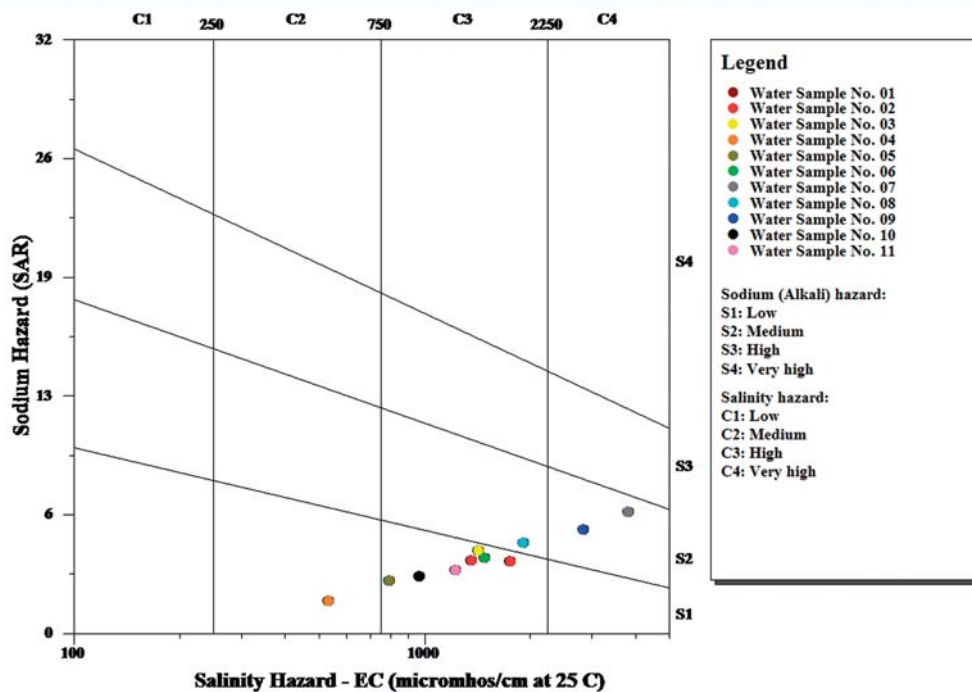


Рис. 6. Диаграмма Вилкок — ЮССЛ

### Выводы

Пресная вода расположена в юго-восточной и юго-западной частях района исследования, но соленая вода сконцентрирована в северо-восточной части района исследования.

Самое лучшее качество собранных образцов воды у образца № 4. Образец воды № 4 считается допустимой водой для целей орошения. Вода имеет смешанный

тип CaMgCl воды (Ca - Mg - Cl - SO<sub>4</sub> «тип I») и значение «Т.Д.С.», меньше чем 650 PPM (0,65 г/л).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Piper, A.M. A graphic procedure in geochemical interpretation of water analysis, Transactions / A.M. Piper // American Geophysical Union 25 (1944) 914–928.
2. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th edn // American Public Health Association. — Washington, DC, 1995.
3. AQUACHEM program. Version 4.0.254 for windows, 2003. Copyright©2003, waterloo Hydrogeologic Inc. Program set for hydro-chemical analysis for water.
4. Geosoft Oasis Montaj Program Geosoft mapping and processing system: version 6.4.2 (HJ). Inc Suit 500, Richmond St. West Toronto, ON Canada N5S1V6, 2007.
5. Hem, J.D. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water USGS / J.D. Hem // Water Supply paper. — 2254 (1985). — 117–120.
6. Moustafa, A.R. Structural setting and tectonic evolution of the Bahariya Depression, Western Desert, Egypt / A.R. Moustafa, A. Saoudi, A. Moubasher, I. Mohamed, H. Molokhia, B. Schwartz // Geo-Arabia Journal. — 2003. — Vol. — No. 8. — P. 91–124.

© Коллектив авторов, 2019

Гавеиш Ваел Рагаб // wael\_ragab2007@yahoo.com

Мараев Игорь Алексеевич // igorech@rambler.ru

Эль-Дееб Мохаммед Абдель-Сабур // mohamed-abdelsabour@outlook.com

Эль-Барбари Самах Мохаммед // samah1331986@gmail.com

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК:549.514.51:622.357.6

Светова Е.Н.<sup>1</sup>, Скамницкая Л.С.<sup>1</sup>, Шанина С.Н.<sup>2</sup>  
 (1 — Институт геологии ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск; 2 — Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар)

### СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ В СЛАБОПРОЗРАЧНОМ ЖИЛЬНОМ КВАРЦЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЕНЬКИНА-ЛАМПИ (КАРЕЛИЯ) КАК КРИТЕРИЙ ЕГО КАЧЕСТВА

Впервые проведено комплексное изучение содержания воды в слабопрозрачном жильном кварце месторождения Фенькина-Лампи с использованием методов оптической микроскопии, спектрофотометрии, вакуумной декрепитометрии, термогравиметрии и пиролизической газовой хроматографии. Показано, что кварц обладает значительной

термодесорбцией воды в высокотемпературной области (600–1000 °С), негативно характеризующей его качество как сырья для наплава высококачественных стекол, что обуславливает необходимость разработки специальной технологии глубокого обогащения. **Ключевые слова:** жильный кварц, высокочистое кварцевое сырье, газово-жидкие включения, месторождение Фенькина-Лампи.

Svetova E.N.<sup>1</sup>, Skamnitskaya L.S.<sup>1</sup>, Shanina S.N.<sup>2</sup> (1 — Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS, 2 — Institute of Geology, Komi Research Center, Uralian Branch of RAS)  
 WATER CONTENT IN THE WEAKLY TRANSPARENT VEIN QUARTZ OF THE FENKINA-LAMPI (KARELIA) DEPOSIT AS THE CRITERION OF ITS GRADE

The water content in vein quartz of the Fenkina-Lampi deposit was studied using optical microscopy, spectrophotometry, vacuum decrepitation, thermogravimetry and pyrolytic gas