

8. Kerimov, V. Yu., Mamedov, G. A., Averbukh, B. M., Niftiev, Sh. I. Glubinnoe stroenie zony sochleneniya Vostochno-Evropeyskoy platformy i Severo-Turanskoy plity [The deep structure of the junction zone of the East European platform and the North Turan plate]. *Geotektonika* [Geotectonics], 1990, no. 5, pp. 33–44.
9. Fyodorov, D. L., Babadogly, V. A., Yackevich, S. V. et al. *Litologiya podsolevogo paleozoya Prikaspiyskoy sineklizy* [Lithology of subsalt Paleozoic of the Caspian syncline]. Saratov, Saratov University Publ., 1977, 217 p.
10. Aksyonov, A. A., Goncharenko, B. D., Kalinko, M. K. et al. *Neftegazonosnost podsolevykh otlozheniy* [Oil and gas bearing subsalt deposits]. Moscow, Nedra Publ., 1985, 205 p.
11. Kuandykov, B. M., Matloshinskiy, N. G., Sentgiorgi, K. *Neftegazonosnost paleozoyskoy shelfovoy okrainy severa Prikaspiyskoy vpadiny* [Oil and gas potential of the Paleozoic shelf margin of the north of the Caspian depression]. Almaty, 2011, 280 p.
12. Abramov, V. A. Veroyatnaya model formirovaniya i stroeniya lovushki uglevodorodov na Belokamennom mestorozhdenii [A probable model for the formation and structure of a hydrocarbon trap in the White Stone Field]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Nedra Volga and Caspian], 2001, vol. 26, pp. 36–41.
13. Oreshkin, I. V. Neftegazogeologicheskoe rayonirovanie i usloviya formirovaniya mestorozhdeniy i modeli v podsolevom megakomplekse Prikaspiyskoy neftegazonosnoj provintsii [Oil and gas geological zoning and conditions for the formation of deposits and models in the subsalt megacomplex of the Caspian oil and gas province]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Nedra Volga and Caspian], 2001, vol. 26, pp. 42–47.
14. Yackevich, S. V., Mamulina, V. D., Shcheglov, V. B. Perspektivy obnaruzheniya kollektorov i lovushek v podsolevom komplekse Prikaspiyskoy megavpadiny [Prospects for the detection of collectors and traps in the subsalt complex of the Caspian megabasin]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Volga and Caspian subsoil], 2003, vol. 34, pp. 3–18.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ КАЗАХСТАНА

Кан Сергей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией промышленных и геотермальных вод, Сатпаев Университет, Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69 / ул. Ч. Валиханова, 94, e-mail: kan-s58@mail.ru

Калугин Олег Анатольевич, ведущий инженер, Сатпаев Университет, Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69 / ул. Ч. Валиханова, 94, e-mail: kalugin1958@mail.ru

Курмангалиева Шолпан Ганиевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Сатпаев Университет, Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69 / ул. Ч. Валиханова, 94, e-mail: sholp43@mail.ru

Глеуова Жанна Турсынкызы, докторант, Сатпаев Университет, Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69 / ул. Ч. Валиханова, 94, e-mail: zhanna_1990@mail.ru

Приведены результаты опытно-методических работ по изучению месторождений лечебных грязей Алматинской области – оз. Тузколь и сор Арасан-Кундызды – с использованием метода ГРП-зондирования для качественной и количественной оценки пласта лечебной грязи. Работы выполнялись в рамках грантового финансирования по проекту «Разработка инновационной методики качественной и количественной оценки лечебных грязей юго-восточного Казахстана в качестве гидроминерального сырья» (ИРН АР 05130934). По результатам геофизических исследований, с учётом поинтервального опробования, был качественно оценен состав донных отложений месторождений. Результаты, полученные в ходе интерпретации полевых радарограмм и бурения зондировочных скважин, показали практически полное совпадение средних величин мощности пласта отложений на закрепленных профилях. При проведении опытно-методических работ установлены зоны притока подземных вод, характеризующиеся участками залежи, имеющими вертикальный температурный градиент (°C/см), на порядок отличающийся от среднего по пласту.

Ключевые слова: Алматинская область, минеральное сырьё, лечебная грязь, месторождение, температурная съёмка, продуктивный пласт, мощность, качественная и количественная оценка, геофизическое профилирование, информативность

INFORMATIVITY OF GEOPHYSICAL PROFILING DEPOSITS THERAPEUTIC MUD OF KAZAKHSTAN

Kan Sergey M., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Satbayev University, Ahmetsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, 69 Kabanbay batyra St. / 94 Ch. Valikhanova St., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: kan-s58@mail.ru

Kalugin Oleg A., Leading Engineer, Satbayev University, Ahmetsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, 69 Kabanbay batyra St. / 94 Ch. Valikhanova St., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: kalugin1958@mail.ru

Kurmangalieva Sholpan G., Ph. D. in Biology, Satbayev University, Ahmetsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, 69 Kabanbay batyra St. / 94 Ch. Valikhanova St., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: sholp43@mail.ru

Tleuova Zhanna T., doctoral, Satbayev University, Ahmetsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, 69 Kabanbay batyra St. / 94 Ch. Valikhanova St., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanna__1990@mail.ru

The results are presented of experimental and methodological work on the study of therapeutic mud deposits of the Almaty region - Lake Tuzkol and Arasan-Kundyzdy litter using the method of GRL- sounding for qualitative and quantitative assessment of the reservoir of therapeutic mud. The works was carried out as part of grant financing for the project "Development of an innovative technique of quality and quantitative standard of therapeutic muds of southeast Kazakhstan as the hydromineral raw materials" prepared during implementation of the project of grant financing served (IRN AP 05130934). According to the results of geophysical investigations, taking into account the interval testing, was qualitatively estimated composition of bottom deposits of sediments. The results obtained in the course of interpretation of field radarograms and drilling of sounding wells showed almost complete coincidence of the average values of the sediment thickness on the fixed profiles. During the experimental and methodological work, zones of groundwater inflow were established, characterized by deposits with a vertical temperature gradient ($^{\circ}\text{C}/\text{cm}$), which differs by an order of magnitude from the average in the reservoir.

Keywords: Almaty region, mineral raw materials, therapeutic mud, deposit, temperature survey, productive layer, thickness, qualitative and quantitative assessment, geophysical profiling, informational content

Известно, что лечебные грязи являются ценным минеральным сырьём, применяемым как в медицине, так и в курортно-туристской индустрии [1].

На основе обобщения гидрогеологических, гидрологических, морфометрических, картографических, геоэкологических материалов о состоянии проявлений лечебных грязей оцениваются их объём, физико-химический состав и бальнеологические свойства [2; 3]. В 2018–2019 гг. специалисты института гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина провели опытно-методические работы по применению метода ГРЛ-зондирования для качественной и количественной оценки пласта лечебной грязи на месторождениях – оз. Тузколь и сор Арасан-Кундызды [4]. В процессе исследований определялись мощность продуктивного пласта, его литологическое строение и температурный режим, осуществлялся поинтервальный отбор проб отложений и рапы для физико-химического анализа и корректировки интерпретации результатов ГРЛ-зондирования [2]. Пробы рапы отбирались на водомерной площадке одновременно с замером её уровня. Градиентная температурная съёмка донных отложений проводилась при помощи экспериментального электронного термометра типа «щуп» для уточнения условий питания месторождения. Температура измерялась от кровли до подошвы залежи в точке бурения. На космоснимках (рис. 1, 2) показано расположение точек бурения опорных скважин и профилей ГРЛ-зондирования.

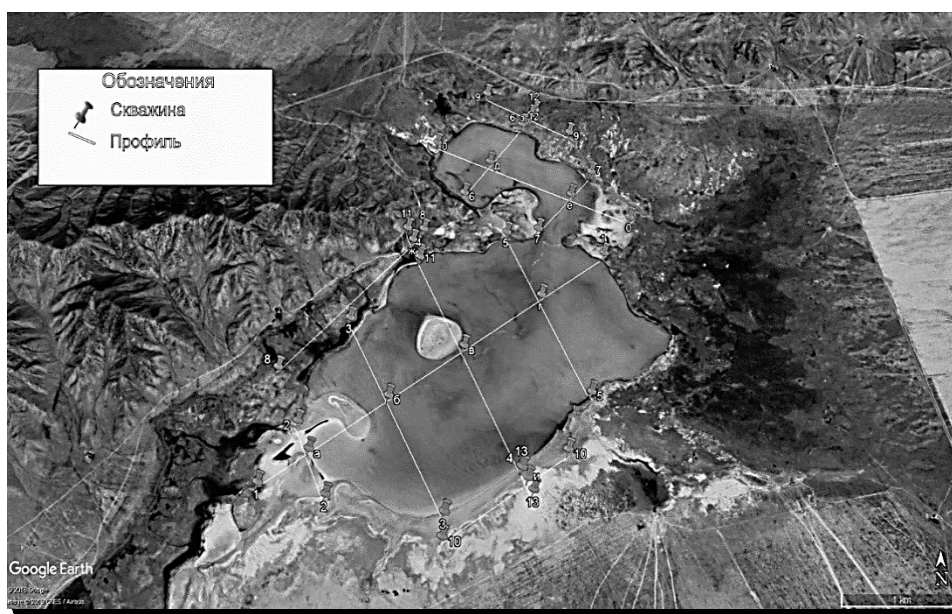


Рис. 1. Космоснимок схемы расположения опорных точек и профилей на месторождении Тузколь



Рис. 2. Космоснимок схемы расположения опорных точек и профилей на месторождении Арасан-Кундызды

По окончании опытно-методических работ была проведена дешифровка и интерпретация результатов ГРЛ-зондирования с учётом материалов, полученных при бурении зондировочных скважин. Результаты обработки полевых радарограмм по программе ГЕОСКАН-32 показаны на рисунках 3, 4.

По результатам геофизических исследований, с учётом поинтервального опробования был оценён состав донных отложений месторождений. Ниже представлены литологические колонки грязевой залежи месторождений (рис. 5, 6).

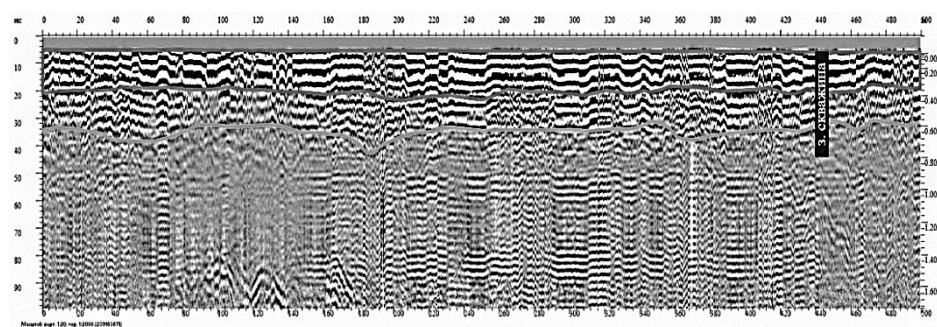


Рис. 3. Обработанная радарограмма фрагмента продольного профиля (профиль 1–1, оз. Тузколь)

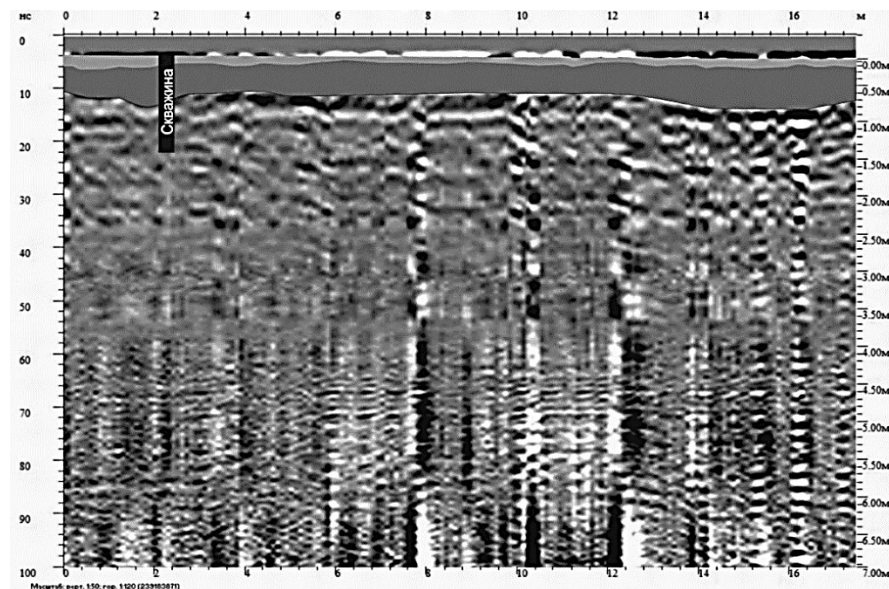


Рис. 4. Обработанная радарограмма фрагмента продольного профиля (профиль 1-АБ, сор Арасан-Куздузды)

0		Рапа
0,35		Почти черные илы
0,77		Светлые илы и глины
1,5		

Рис. 5. Состав донных отложений оз. Тузколь

0		Корка грязи
0,1		Черные и темно-серые илы
0,6		Светлые илы и суглинки

Рис. 6. Состав донных отложений сора Арасан-Куздузды

Полученные результаты сравнивались с литологическим разрезом залежи, характеризующимся поинтервальным отбором проб (рис. 7).

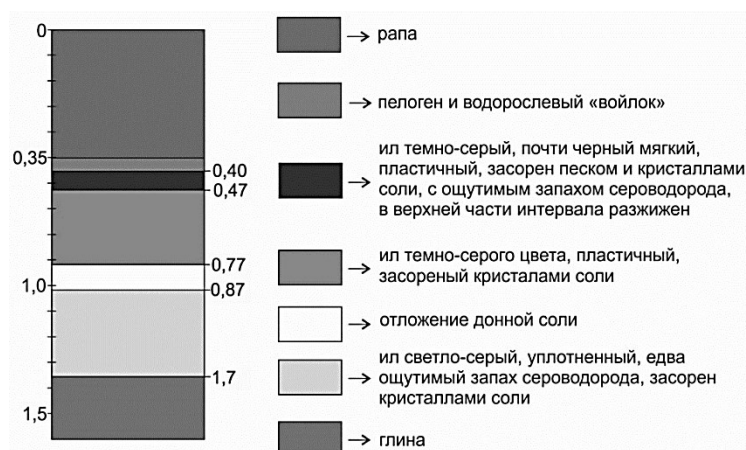


Рис. 7. Общая литологическая колонка залежи донных отложений оз. Тузкуль

Сравнительный анализ оценок результатов ГРЛ-зондирования и поинтервального опробования показал, что строение донных отложений, определённое по результатам геофизического профилирования (интерпретация полевых радарограмм по программе «ГЕОСКАН-32»), даёт более общие характеристики залежи. При проведении зондировочного бурения с поинтервальным отбором проб визуально определяются конкретные слои, имеющие различные физико-химические свойства в пласте, тогда как на обработанных радарограммах выделены более общие мощности залежи. По результатам физико-химических и бальнеологических анализов донные отложения, имеющие выраженные бальнеологические свойства, содержатся в нескольких слоях илов, обладают повышенным влагонасыщением и примерно однозначной диэлектрической проницаемостью, поэтому в продуктивный пласт включаются все виды активных донных отложений. Данный пласт залежи однозначно выделяется при интерпретации полевых радарограмм в программе ГЕОСКАН-32. Для более детальной интерпретации результатов исследований применена программа ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ. Применение данной программы не на много увеличила информативность, при этом заметно возросли погрешности в определении мощности слоёв [5].

Геофизическое профилирование методом георадиолокации на водных объектах, содержащих высокоминерализованную рапу (на оз. Тузкуль минерализация рапы достигает 300 г/л), показывает сильное искажение и затухание отражённого сигнала, что приводит к значительным погрешностям результатов исследований [6]. ГРЛ-зондирование на обоих месторождениях проводилось в различные сезоны года. Объекты исследования относятся к бессточным водоёмам аридной зоны республики, где основной составляющей водного баланса является испарение. Для оз. Тузкуль среднегодовая величина испарения составляет $2,54 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. В летне-осенний период, в момент проведения работ, сор Арасан-Кундызды был практически полностью пересошим, площадь зеркала оз. Тузкуль уменьшилась с 10,3 до 6,7 км². На поверхности сора образовалась твёрдая корка лечебной грязи мощностью до 30 см, что позволило провести зондирование по твёрдой поверхности. В зимний период на оз. Тузкуль образуется серый бугристый лёд. ГРЛ-зондирование проведено по снежному покрову, покрывавшему ледяную поверхность. Высота снежного покрова достигала 20 см, мощность льда – 30 см. Результаты, полученные в ходе интерпретации полевых радарограмм и бурения зондировочных скважин, показали практически полное совпадение средних величин мощности пласта отложений на закреплённых профилях. При проведении опытно-методических работ установлены зоны притока подземных вод, характеризующиеся участками залежи, имеющими вертикальный температурный

градиент (°С/см), на порядок отличающийся от среднего по пласту. Они выделяются и при интерпретации радарограмм с использованием программы ГЕОРАДАР-ЭКСПЕРТ как участки залежи, имеющие повышенную диэлектрическую проницаемость [4].

Подсчёт запасов лечебной грязи месторождения по категории Р (прогнозных) проводился объёмным способом по формуле:

$$V = S \cdot h_{cp},$$

где V – общие геологические запасы, тыс. м³; S – площадь распространения грязевой залежи; h – средняя мощность грязевой залежи.

Площадь месторождения определялась по результатам дешифровки космического снимка спутника Landsat-8 по программе ARGIS-10.

По данным ГРЛ-зондирования, средняя мощность донных отложений профиля определялась как среднее значение сигнала, совпадающее по глубине с разницей волн, отражённых от поверхности водоупорного слоя (высокие значения удельного электрического сопротивления и низкое водонасыщение), и слоя водонасыщенных отложений, имеющих низкое удельное электрическое сопротивление. Значение средней мощности снималось со шкалы глубин и характеризовало весь профиль. Средняя мощность пласта лечебной грязи определялась как среднее арифметическое значение мощностей, определённых по всем профилям ГРЛ-зондирования. Общие геологические запасы по месторождению лечебных грязей оз. Тузколь без учёта 0 значений, т. е. по площади зеркала озера, составили: $v = 5\,527 \text{ т. м}^2 \cdot 0,62 \text{ м} = 3\,427 \text{ т. м}^3$; по месторождению Арасан-Кундызды – $30 \text{ т. м}^2 \cdot 0,43 \text{ м} = 13,76 \text{ т. м}^3$.

Погрешность определения мощности пласта лечебной грязи при ГРЛ-зондировании рассчитывалась в процентах как разность значений средней мощности пласта, полученной при интерпретации радарограмм ГРЛ-зондирования, и средней мощности пласта по данным зондировочного бурения, отнесённой к величине средней мощности пласта по данным бурения (табл. 1, 2).

Таблица 1

Разность средней мощности пласта Тузколь			
№ профиля	Средняя мощность пласта		Разность
	ГРЛ-зондирования	Бурение	
1	0,60	0,63	0,03
2	0,60	0,63	0,03
3	0,65	0,64	0,01
4	0,85	0,78	0,07
5	0,50	0,50	0,00
6	0,60	0,54	0,06
Средняя	0,64	0,62	0,02

Как видно из таблицы 1, средняя разность мощностей колеблется от 0,01 до 0,07 м и составляет 0,03 м. Таким образом, при средней мощности продуктивного пласта 0,62 м погрешность исследований составит 3,2 %.

Таблица 2

Разность средней мощности пласта Арасан Кундызды			
№ профиля	Средняя мощность пласта		Разность
	ГРЛ-зондирования	Бурение	
1	0,39	0,43	0,03
2	0,45	0,51	0,06
3	0,43	0,48	0,05
4	0,30	0,23	0,07
5	0,50	0,57	0,07
6	0,52	0,48	0,04
Средняя	0,43	0,45	0,02

Средняя разность мощностей пласта Арасан-Кундызды равна 0,02 м. При средней мощности продуктивного пласта 0,45 м погрешность составит около 1 %.

Результаты опытно-методических работ показали следующее. Применение геофизического профилирования методом георадиолокации при качественной и количественной оценке залежи лечебной грязи достаточно корректно при проведении геологоразведочных работ в аридных зонах республики. Погрешность исследований по сравнению с общепринятыми методами составляет примерно 4 %. Значительно сокращается время проведения работ, что в комплексе с градиентной температурной съёмкой повышает информативность исследований. Особенностью применения данного метода является затухание отражённых волн в средах, имеющих повышенную минерализацию, что вызывает трудности интерпретации полевых радарограмм. Для устранения данной особенности для месторождений лечебных грязей аридных зон республики рекомендуется проводить исследования непосредственно в периоды, когда на поверхности пласта лечебной грязи образуются ледяной или снежный покров в холодный период, или когда на поверхности отложений в результате пересыхания рапы в тёплый период образуется достаточно мощная засохшая корка.

Список литературы

1. Kan, S. Prospects for the use of the medical mud of sora Arasan-Kundyzdy (south – east Kazakhstan) in balneology / S. Kan, O. Kalugin, Sh. Kurmangaliyeva, Zh. Tleuova // 19th International Multidisciplinary Scientific Gto Conference SGEM. – 2019. – С. 421–426.
2. Методика гидрогеологических исследований минеральных озёр и грязей. – Режим доступа: minerale.cv.ua, ограниченный.
3. Сотников, Е. В. Обработка данных дистанционного зондирования с применением ГИС при проектировании гидрогеологических работ / Е. В. Сотников, В. М. Ибраимов, К. М. Канафин // Вестник НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 2. – С. 87–94.
4. Кан, С. М. Применение метода георадиолокационного зондирования для выявления структурно-литологических особенностей залежи лечебной грязи / С. М. Кан, О. А. Калугин, Ш. Г. Курмангалиева // Геология и охрана недр. – Алматы, 2019. – С. 85–89.
5. Программа автоматизированной обработки георадиолокационных данных «Георадар-эксперт». – Режим доступа: www.dorus.ru, ограниченный.
6. Рекомендации по проведению георадиолокационного обследования объектов промышленного и гражданского строительства/ ООО «Логические системы». – Раменское, 2008. – 25 с

References

1. Kan, S., Kalugin, O., Kurmangaliyeva, Sh., Tleuova, Zh. Prospects for the use of the medical mud of sora Arasan-Kundyzdy (south – east Kazakhstan) in balneology. 19th International Multidisciplinary Scientific GtoConference SGEM, 2019, pp. 421–426.
2. Methodology for hydrogeological studies of mineral lakes and muds. Available at: minerale.cv.ua.
3. Sotnikov, E. V., Ibraimov, V. M., Kanafin, K. M. Processing of remote sensing data using GIS in the design of hydrogeological works. *Bulletin of the NAS of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*, 2017, no. 2, pp. 87–94.
4. Kan, S. M., Kalugin, O. A., Kurmangaliyeva, Sh. G. Application of GRL sounding for identifying the structural and lithological features deposit of therapeutic muds. *Geology and subsurface protection*, Almaty, 2019, pp. 85–89.
5. Program for automated processing of georadar data GPR-expert. Available at: www.dorus.ru
6. Recommendations for GPR survey of industrial and civil construction / Logical Systems LLC. Ramenskoye, 2008, 25 p.