

== ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ ==

УДК 669.21

DOI: [10.46698/VNC.2022.32.98.007](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.32.98.007)

Оригинальная статья

Комплексный анализ геолого-промышленных параметров Дороговского месторождения

И.И. Босиков¹, Р.В. Ключев², И.В. Силаев³

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44;

²Московский политехнический университет, Россия, 107203, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38, e-mail: kluev-roman@rambler.ru;

³Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова», Россия, 362025, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Ватутина, 44-46

Статья поступила: 08.04.2022, доработана: 13.05.2022, принята к публикации: 16.05.2022

Резюме: Актуальность работы. В статье рассматривается комплексный анализ геологической и геофизической информации по проводимым исследованиям с целью выделения перспективных участков для проведения дальнейших геологоразведочных работ. Впервые в конце XX века детальными геологоразведочными работами уточнено залегание пласта песчаника, его мощность, а также изучены данные для установления качества полезного слоя. Пласт песчаника представлен двумя пачками. Непосредственно в почве нижней пачки пласта на площади месторождения отмечены глинистые сланцы, мощность их, вскрытая буровыми скважинами, изменяется от 0,60 до 2,40 м. **Цель исследований.** Провести комплексный анализ и оценку перспективных зон Дороговского месторождения с применением современных ГИС-технологий. Исходным материалом для научно-исследовательской работы послужили результаты лабораторных исследований песчаника по 17 скважинам, пробуренным на площади Дороговского месторождения. Были исследованы 7 геолого-промышленных параметров: мощность вскрышных пород M_v , мощность полезного ископаемого M_{pi} , содержания SiO_2 , Al_2O_3 , $CaO + MgO$, TiO_2 , $Na_2O + K_2O$ по 17 пересечениям полезной толщи. **Методика исследований.** Для того, чтобы проследить распределение указанных параметров по площади, была использована следующая методика. Сначала были сняты условные координаты для каждой скважины, и составлена таблица показателей по пересечениям. Затем, на основании этих данных в программе Surfer построены карты изолиний методом «скользящего окна». **Результаты исследований.** По построенным картам распределения мощности вскрышных пород сделаны следующие выводы: минимальная мощность приурочена к центральной и северной частям участка, и возрастает на запад и юго-восток. Такое распределение учтено при разработке системы разведки – блоки высоких категорий А и В расположены именно в центральной части. Выполненный площадной анализ геолого-промышленных параметров исследуемого месторождения песчаников позволил установить следующие закономерности: наличие в центральной части месторождения достаточно мощной полезной толщи (более 10 м) с самыми незначительными значениями вскрышных пород (менее 1,0 м); центральная часть месторождения характеризуется повышенными значениями кремнезема SiO_2 , не очень большими содержаниями глинозема Al_2O_3 и компонентов, входящих в состав глинистых минералов. Таким образом, центральная зона Дороговского месторождения является по качеству песчаников, планируемых использоваться в качестве сырья для строительных работ, наиболее благоприятной.

Ключевые слова: месторождение, скважина, метод «скользящего окна», карты изолиний, песчаники, кондиции.

Для цитирования: Босиков И.И., Ключев Р.В., Силаев И.В. Комплексный анализ геолого-промышленных параметров Дороговского месторождения. *Геология и геофизика Юга России*. 2022. 12(2): 89-102. DOI: [10.46698/VNC.2022.32.98.007](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.32.98.007).

DOI: [10.46698/VNC.2022.32.98.007](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.32.98.007)

Original paper

Comprehensive analysis and assessment of Prospective gold-ore zones using modern geophysical methods

I.I. Bosikov¹, R.V. Klyuev², I.V. Silaev³

¹North Caucasian institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), 44 Nikolaeva Str., Vladikavkaz 362021, Russian Federation;

²Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semenovskaya Str., Moscow 107203, Russian Federation, e-mail: kluev-roman@rambler.ru;

³North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, 44-46 Vatutina Str., Vladikavkaz 362025, Russian Federation

Received: 08.04.2022, revised: 13.05.2022, accepted: 16.05.2022

Abstract: Relevance. The article discusses a comprehensive analysis of geological and geophysical information on ongoing research in order to identify promising areas for further exploration. **Aim.** Conduct a comprehensive analysis and assessment of promising areas of the Dorogovskoye field using modern GIS technologies. For the first time at the end of the 20th century, detailed exploration work clarified the occurrence of the sandstone reservoir, its thickness, and studied the data to establish the quality of the useful layer. The sandstone layer is represented by two packs. Clay shales are noted directly in the soil of the lower unit of the reservoir on the deposit area, their thickness, uncovered by boreholes, varies from 0.60 to 2.40 m. **Methods.** In order to trace the distribution of these parameters over the area, the following method was used. First, conditional coordinates for each well were taken, and a table of indicators for intersections was compiled. Then, based on these data, contour maps were built in the Surfer program using the “sliding window” method. The source material for the research work was the results of laboratory studies of sandstone from 17 wells drilled in the area of the Dorogovskoye deposit. 7 geological and industrial parameters were studied: overburden thickness M_v , mineral thickness M_{pi} , content of SiO_2 , Al_2O_3 , $CaO + MgO$, TiO_2 , $Na_2O + K_2O$ at 17 intersections of useful strata. **Results.** According to the maps of overburden thickness distribution, the following conclusions were made: the minimum thickness is confined to the central and northern parts of the site, and increases to the west and southeast. This distribution was taken into account when developing the intelligence system - blocks of high categories A and B are located precisely in the central part. The areal analysis of the geological and industrial parameters of the studied sandstone deposit made it possible to establish the following regularities: the presence in the central part of the deposit of a fairly thick useful stratum (more than 10 m) with the smallest values of overburden (less than 1.0 m); the central part of the deposit is characterized by elevated values of silica SiO_2 , not very high contents of alumina Al_2O_3 and components that make up clay minerals. Thus, the central zone of the Dorogovskoye deposit is the most favorable in terms of the quality of sandstones planned to be used as raw materials for construction work.

Key words: field, well, “sliding window” method, contour maps, sandstones, conditions.

For citation: Bosikov I.I., Klyuev R.V., Silaev I.V. Comprehensive analysis and assessment of Prospective gold-ore zones using modern geophysical methods. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2022. 12(2): 89-102. DOI: 10.46698/VNC.2022.32.98.007.

Введение

В геологическом строении разведанного месторождения песчаника принимают участие каменноугольные и четвертичные отложения.

Каменноугольные отложения, слагающие описываемое месторождение, относятся к свите C_3^2 верхнего отдела карбона. В тектоническом отношении месторождение приурочено к осевой замковой части Белокалитвенской синклинали и характеризуется пологим залеганием слагающих его пород каменноугольного возраста.

В пределах участка породы карбона образуют плавный заворот пластов на северо-запад. Падение пород карбона на северо-запад, углы падения, вследствие близости к оси синклинали, очень пологие и составляют $2-3^\circ$.

В соответствии с данными, полученными в результате предварительной разведки, дизъюнктивные нарушения на описываемой площади не встречались. Объектом разведки на месторождении являлся пласт песчаника, представленный двумя пачками и залегающий между известняками O_3^0 и O_3^1 свиты C_3^2 верхнего отдела карбона [Босиков и др., 2021а, б; Голик и др., 2020].

Синонимы известняковых горизонтов O_3^0 и O_3^1 , залегающих соответственно в почве и кровле песчаника, установлены детальной геологической съёмкой масштаба 1:5000, произведенной на площади Белокалитвенского района. Материалы этой съёмки использовались при составлении настоящего проекта.

Ранее до 1956 года пласт песчаника в пределах месторождения или вблизи его ни одной из скважин не перебурен. Повсеместно на площади месторождения каменноугольные отложения перекрываются отложениями четвертичного возраста.

Четвертичные отложения представлены в основном лёсовидными суглинками и почвенным слоем. Суглинки плотные, вязкие, желто-бурого цвета, содержат местами известковистые включения и обломки песчаника. Мощность суглинков изменяется от 0,10 м (скважина №23) до 7,90 м (скважина №22) и составляет в среднем 2,45 м.

В центральной части участка, и районе скважин №№6, 7, 10, 19 и 21, суглинки отсутствуют и песчаники непосредственно перекрываются почвенным слоем. На отдельных участках мощность суглинков возрастает в направлении к водоразделу. Установить какую-либо закономерность в изменении мощности суглинков на площади всего месторождения не представляется возможным [Клюев и др., 2020; Земцовская, 2016; Костеневич и др., 2017; Лебедев и др., 2013].

В крайней восточной части оцениваемой площади под суглинком скважиной №13 вскрыт разнотекстурированный, глинистый песок мощностью 1,70 м. Почвенно-растительный слой повсеместно перекрывает суглинки, а в местах их отсутствия – песчаники. Мощность его изменяется от 0,10 до 0,40 м, при среднем значении 0,28 м.

Морфология и условия залегания пласта песчаников

Впервые в конце XX века детальными геологоразведочными работами уточнено залегание пласта песчаника, его мощность, а также изучены данные для установления качества полезного слоя. Пласт песчаника представлен двумя пачками. Непосредственно в почве нижней пачки пласта на площади месторождения отмечены глинистые сланцы, мощность их, вскрытая буровыми скважинами, изменяется от 0,60 до 2,40 м.

На отдельных участках по простиранию глинистые сланцы замещаются сланцами песчаными. Так, по скважинам №18 и №21 в почве нижней пачки пласта песчаника отмечены бурением сланцы песчаные мощностью соответственно 3,10 и 3,65 м. Сланцы, подстилающие песчаник [Туголуков и др., 2011; Чотчаев и др., 2021; Шарафелдин, 2018], а также толща пород, залегающая ниже до известняка O_3^0 , на полную мощность не перебурены.

Пласт песчаника $O_3^0SO_3^1$ сложен двумя пачками, разделенными прослоем глинистых сланцев. Выход песчаника верхней пачки под покровные отложения приурочен к юго-западной части разведочной площади, предполагаемый выход песчаника нижней пачки охватывает северо-восточную часть участка. Таким образом, геологоразведочными работами, произведенными на площади, ориентированной по падению пласта песчаника $O_3^0SO_3^1$, охвачены обе его пачки.

Верхняя пачка пласта песчаника перебурена 14-ю скважинами (№№3-бис, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19 и 20), причем из них две скважины (№4 и №18) остановлены в песчанике на отметках +18,2 и +23,9 м, так как целевым назначением разведочных работ являлась разведка песчаника до отметки уровня воды в реке Калитве (+17,9 м). Нижняя пачка перебурена скважинами №№12, 13, 22, 23 и 25 на полную свою мощность.

Кроме того, скважины №№8, 11-бис и 21 были пройдены с целью уточнения строения пласта песчаника $O_3^0SO_3^1$ и перебурены обе пачки песчаника с углублением в подстилающие породы. Скважины №1 и №3, остановленные на глубине 9,55 и 12,0 м соответственно, до песчаника недобурены.

По данным бурения скважин общая мощность верхней пачки пласта песчаника изменяется от 0,40 м (скважина №11-бис) до 24,0 м (скважина №10) и составляет в среднем 14,5 м. Мощность нижней пачки колеблется в пределах от 5,30 м (скважина №25) до 24,2 м (скважина №11-бис), составляя в среднем 15,47 м.

Закономерное увеличение мощности пласта песчаника наблюдается в северном направлении, в сторону падения пластов. Верхняя часть обеих пачек песчаника затронута выветриванием и выделяется в определенный горизонт плитчатого выветрелого песчаника, ниже которого залегает плотный неветрелый песчаник [Augustin, Gaboury, 2018; Ganapathy et al., 2020; Luo, Zeng, 2018; Nassani et al., 2021; Sebutsoe, Musingwini, 2017]. Общая мощность выветрелого и плотного песчаника верхней пачки изменяется от 0,40 до 3,60 м и составляет в среднем 3,37 м, песчаника нижней пачки от 1,0 до 9,2 м, при среднем значении 4,27 м.

Граница между плитчатой и плотной разностями песчаника в буровых скважинах устанавливалась по керну, при выходе столбика керна достаточно большой высоты, позволяющей отобрать первый образец для производства физико-механических испытаний; по глубине залегания первого образца устанавливалась верхняя граница плотных разностей песчаника [Sinclair, Thompson, 2015; Song et al., 2017; Tuylenev et al., 2016, 2018; Zhukovskiy et al., 2019].

Толща плотного не выветрелого песчаника по макроскопическим признакам в подавляющем большинстве своем однородна, прослоев иного литологического состава не содержит. Исключение составляют скважина №10, перебурившая верхнюю пачку песчаника, и скважины №№13 и 23, перебурившие нижнюю пачку, по данным которых в толще песчаника отмечено по одному прослою глинистых или песчаных сланцев, мощность прослоя составляет 0,20-0,60 м.

Петрографическая характеристика песчаников

По внешнему виду песчаники верхней и нижней пачек весьма сходны. Макроскопически песчаник $O_3^0SO_3^1$ мелкозернистый, серого цвета, слабослюдистый, с неровным изломом, плотный, местами ожелезнен.

На отдельных участках песчаник пересечен трещинами, причем трещиноватость приурочена в основном к средним частям верхней и нижней пачек пласта. Трещины имеют различное направление и иногда заполнены кварцем или гидроокислами железа.

Петрографическая характеристика песчаника свидетельствует о его довольно однородном составе. Под микроскопом песчаник мелко- и среднезернистый, реже разномзернистый, характеризуется преобладающим содержанием кварца, местами имеет полевошпатово-кварцевый или полимиктовый состав.

Содержание кварца изменяется в основном от 40 до 60% и только по пробе №4 из скважины №4 и пробе №24 из скважины №9 отмечается несколько пониженное его содержание (33 и 37%). Зерна кварца скатанные, часто трещиноватые, иногда содержат включения пылеватых частиц и минералов (апатит, циркон).

Полевые шпаты представлены в основном кислыми и средними плагиоклазами. Хорошо сохранившиеся зерна встречаются редко, чаще полевые шпаты подвергнуты процессам выветривания – полятизированы и серицитизированы. Содержание полевых шпатов в описываемых песчаниках колеблется в пределах от 10 до 20 % и отмечено по всем исследованным пробам.

Слюда представлена преимущественно бесцветными изогнутыми пластинками и содержится в песчанике в количестве от единичных зерен до 2-3%. Более высокое содержание слюды отмечено в пробах 3, 13, 14 и 15 из скважины №4, и в пробе 25 из скважины №9 (до 5-6%).

В составе кластогенного материала значительное место занимают измененные обломки кристаллических пород.

Цементом является кварцево-серицитово-глинистый материал с примесью гидроокислов железа, иногда с примесью карбонатов. Содержание цемента в песчаниках незначительное.

Результаты химических анализов проб песчаника, отобранных на месторождении, подтверждают петрографические последования. Согласно результатам анализа содержание SiO_2 в изученных пробах изменяется от 60,16 до 61,9%, составляя в среднем 75,28 %.

Al_2O_3 содержится в количестве 5,20-14,50%, при среднем значении 10,76%, Fe_2O_3+FeO , содержится от 2,00 до 8,84%, в среднем 4,17%. Содержание CaO изменяется от 0,05 до 10,6%, в среднем 3,13%, MgO от 0,20 до 2,06%, и среднем 0,39%, SO_3 от 0,05 до 0,55%, при среднем значении 0,29%. В пробе №5 из скважины №11 содержание SO_3 отмечено в виде следов.

Согласно результатам химических анализов и петрографических исследований песчаник верхней и нижней пачек пласта $O_3^0SO_3^1$ является однотипным и представлен полевошпатово-кварцевой разностью с примесью слюды.

Прослой, разделяющий верхнюю и нижнюю пачки песчаника, сложен в основном сланцами глинистыми. Следует отметить, что на отдельных участках по простиранию и в разрезе сланцы глинистые, постепенно спесчаниваясь, переходят в сланцы песчаные. На прилагаемых к отчету геологической карте и разрезах эти местные фациальные изменения, во избежание усложнения картографических ма-

териалов, не отображены, так как существенного значения в данном случае не имеют.

Сланцы, отделяющие верхнюю пачку песчаника от нижней, перебулены частично скважинами №№3-бис, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19 и 20 с мощностью, изменяющейся от 0,10 до 5,40 м. Скважинами №№8, 11-бис и 21 прослой сланцев не разбурен на полную мощность, составляющую соответственно 7,0, 7,4 и 7,2 м.

В кровле описанного ниже пласта песчаника, по данным скважин №№1, 2-бис и 3, расположенных в крайней юго-западной части участка, отмечены сланцы глинистые, местами переходящие в сланцы песчаные. Мощность сланцев, перебуренных этими скважинами, составляет 2,35-11,70 м.

Анализ распределения геолого-промышленных параметров Дороговского месторождения песчаников

Исходным материалом для научно-исследовательской работы послужили результаты лабораторных исследований песчаника по 17 скважинам, пробуренным на площади Дороговского месторождения. Были исследованы 7 геолого-промышленных параметров: мощность вскрышных пород M_v , мощность полезного ископаемого M_{pi} , содержания SiO_2 , Al_2O_3 , $CaO + MgO$, TiO_2 , $Na_2O + K_2O$ по 17 пересечениям полезной толщи (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Результаты анализов геолого-промышленных параметров / Results of analyzes of geological and industrial parameters

$N_{S_{kv}}$	X	Y	M_v	M_{pi}	SiO_2	Al_2O_3	$CaO + MgO$	$Na_2O + K_2O$	TiO_2
4	7,8	16,3	4,3	20,25	87,3	5,05	0,64	1,43	0,12
5	9,8	11,8	3,4	23,8	90,5	4,74	0,38	1,12	0,07
15	11,0	21,1	5	12,1	88,9	5,12	0,64	1,38	0,17
14	11,6	16,8	3	15,6	92,6	3,74	0,52	1,06	0,09
23	11,5	18,9	4,5	0,9	87,7	2,88	0,49	0,83	0,14
9	15,6	17,0	1,3	17	89,4	5,46	0,73	1,51	0,21
16	15,4	13,9	2,2	12,2	87,8	4,28	0,45	1,37	0,22
20	17,6	21,8	0,9	15	90,4	6,31	0,48	1,76	0,17
21	18,4	18,3	0,4	10,1	91,8	3,94	0,53	0,95	0,08
7	20,4	22,2	0,4	8	89,6	4,38	0,39	1,28	0,08
10	21,3	18,7	0,4	5,6	86,8	6,44	0,71	1,8	0,22
22	19,4	15,1	3,5	4,7	92	2,96	0,55	0,86	0,19
8	24,3	22,9	2,3	15,8	90,2	4,63	0,49	1,27	0,15
11	25,0	19,2	3,9	22,2	87,5	6,08	0,38	1,64	0,08
6	14,4	22,5	0,4	19,4	88,2	5,1	0,45	1,2	0,1
17	9,8	27,2	1,3	11,8	89,6	5,02	0,62	1,03	0,11
18	6,4	13,9	2,4	18,8	89,4	4,96	0,68	1,62	0,25

Методика характеристики распределения геолого-промышленных параметров

В работе проводились исследования закономерностей распределения геолого-промышленных параметров в плане.

Для того, чтобы проследить распределение указанных параметров по площади, была использована следующая методика. Сначала были сняты условные координаты для каждой скважины, и составлена таблица показателей по пересечениям. Затем, на основании этих данных в программе Surfer построены карты изолиний методом «скользящего окна».

Методика построения заключается в следующем: в данном случае требуется оценить переменную в ряде точек сети или приписать значения последовательно примыкающим друг к другу прямоугольникам на карте. Данные, на основании которых делаются оценки, разбросаны на площади карты и могут лежать или не лежать в узлах сети. Фигура, аналогичная сглаживающему интервалу в анализе временного тренда, располагается так, чтобы её центр лежал в точке, в которой должна быть получена оценка. Всем данным точкам, лежащим внутри этой фигуры, приписываются некоторым образом веса, которые затем используются при получении оценки в центральной точке. Схема метода скользящего среднего состоит в том, что оцениваемой точке приписывается значение, равное среднему арифметическому всех наблюдений, лежащих внутри рассматриваемой фигуры. Фигура затем передвигается в следующий узел сетки, и процесс повторяется снова. Когда вычислены оценки для одной строки или столбца сети, переходят к следующей строке или столбцу, и так до тех пор, пока вся площадь карты не будет покрыта полностью.

Общую модель метода скользящего среднего можно записать в следующем виде:

$$Y_i = \sum_{k=1}^n W_k \cdot Y_r,$$

где W_k – нормированный вес (весовой коэффициент) k -го значения исходной функции; Y_r – значение исходной функции в момент времени, отдалённый от текущего на r – интервалов.

Оцениваемое значение Y_i строится на основании взвешенной суммы Y_k соседних наблюдений. Вид весовой функции изменяется от одной схемы скользящего среднего к другой. Например, в программе построения изолиний использовано скользящее среднее с весами, равными обратным величинам расстояний точек от Y_i .

Результаты работы и их обсуждение.

Описание карт распределения основных геолого-промышленных параметров. По карте распределения мощности вскрышных пород (рис. 1) можно сделать следующие выводы: минимальная мощность приурочена к центральной и северной частям участка, и возрастает на запад и юго-восток. Такое распределение учтено при разработке системы разведки – блоки высоких категорий А и В расположены именно в центральной части.

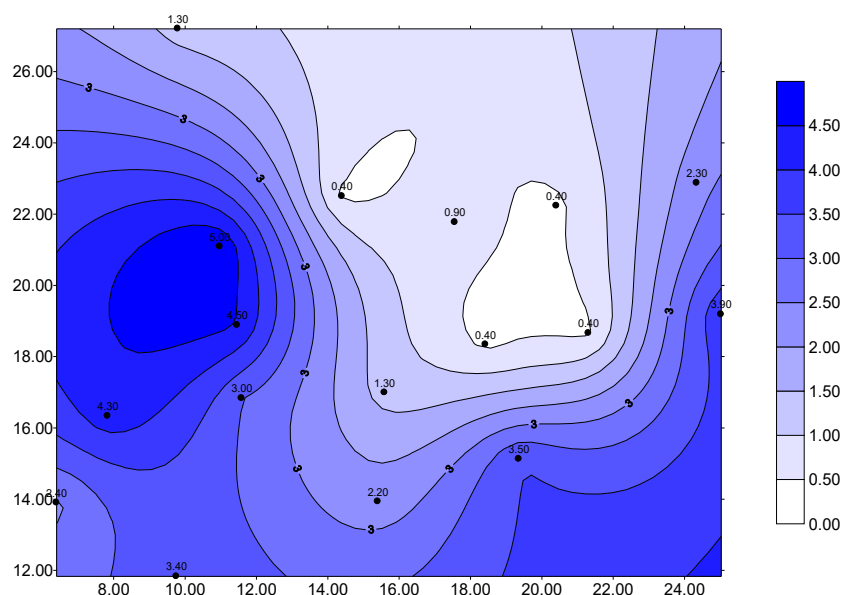


Рис. 1. Карта распределения значений мощности вскрышных пород /

Fig. 1. Map of distribution of overburden thickness values

Распределение мощности полезной толщи (рис. 2) имеет более сглаженный характер. Минимальная мощность приурочена к западной части за пределами участка разведки. Заложение карьера, а это участок разведанности по категориям А и В, намечается в центральной части, где мощность пласта песчаника достаточно высокая.

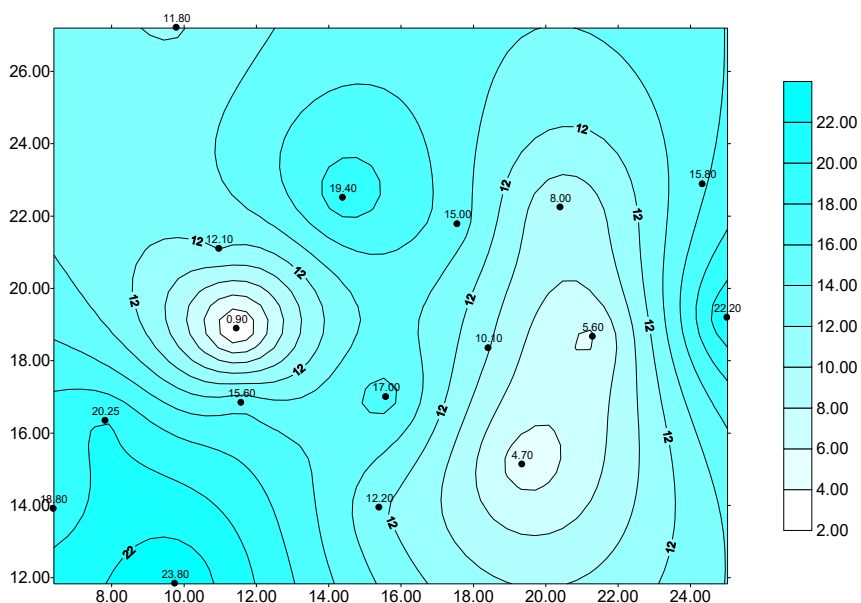


Рис. 2. Карта распределения значений мощности полезной толщи /

Fig. 2. Distribution map of useful thickness values

Распределение содержания SiO_2 (рис. 3) имеет мозаичный характер. Максимумы приурочены к центральной части участка разведки. Колебания содержаний незначительны, что свидетельствует о достаточной чистоте песчаника и значительном содержании кварца.

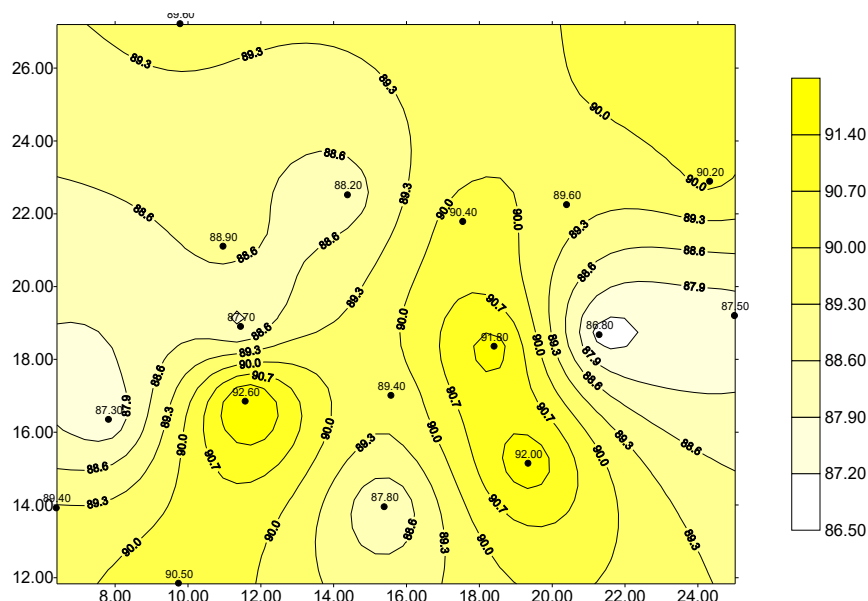


Рис. 3. Карта распределения содержаний SiO_2 /

Fig. 3. SiO_2 content distribution map

Распределение содержания Al_2O_3 (рис. 4) имеет также мозаичный характер. Максимумы приурочены к центральной и восточной частям участка разведки. Это может свидетельствовать о засоренности песчаника на этих площадях глинистыми минералами, т.е. о более низком качестве песчаного сырья.

Распределение содержания $\text{CaO}+\text{MgO}$ (рис. 5) также имеет мозаичный характер. По отношению к распределению содержания SiO_2 отмечается обратная корреляция. Максимумы приурочены к центральной и западной частям участка разведки. Это также может свидетельствовать о засоренности песчаника глинистыми минералами.

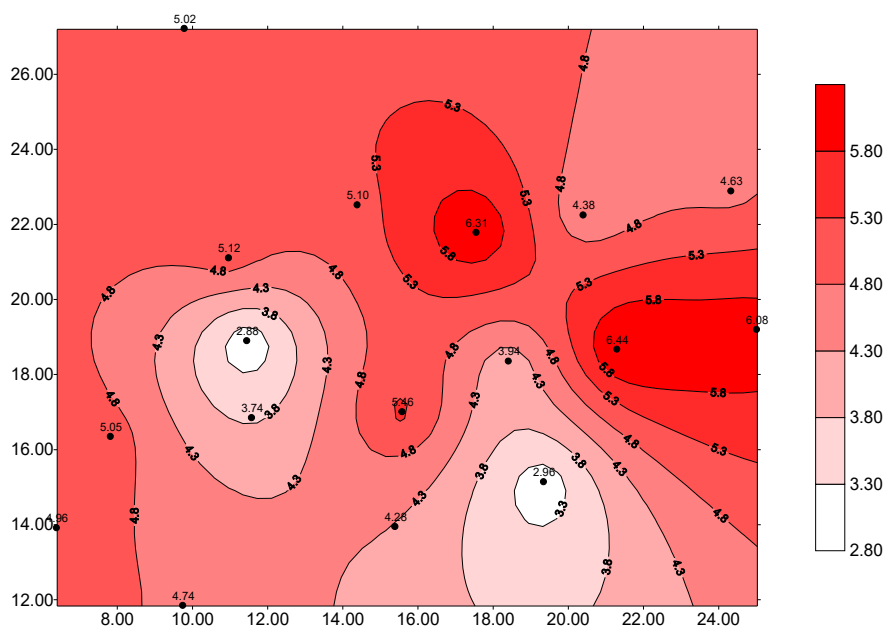


Рис. 4. Карта распределения содержаний Al_2O_3 /

Fig. 4. Al_2O_3 content distribution map

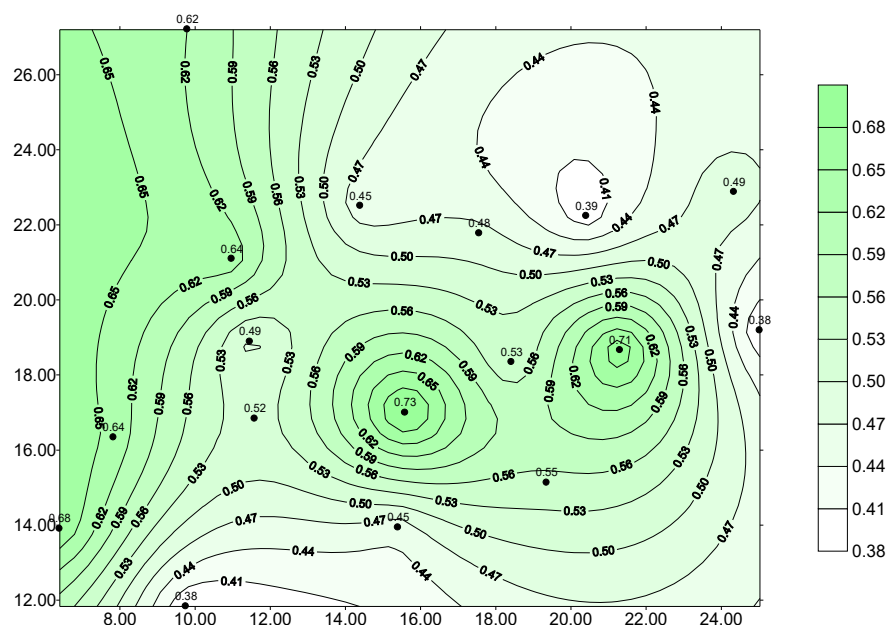


Рис. 5. Карта распределения содержаний $MgO+CaO$ /

Fig. 5. Distribution map of MgO+CaO contents

Распределение содержания K_2O+Na_2O (рис. 6) имеет схожий характер с двумя предыдущими картами. По отношению к распределению содержания Al_2O_3 отмечается прямая корреляция. Это также может свидетельствовать о приуроченности рассматриваемых компонентов к одним минеральным формам.

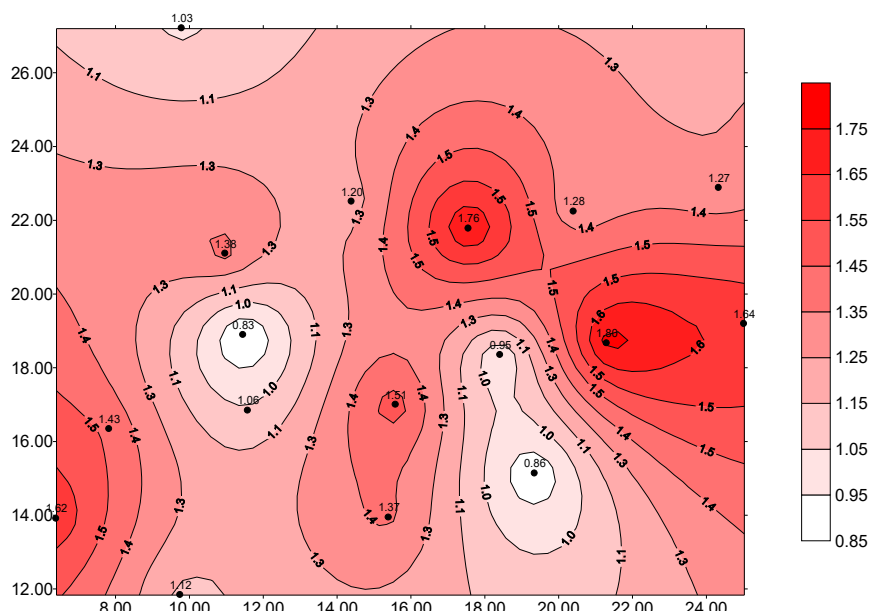


Рис. 6. Карта распределения содержаний K_2O+Na_2O /

Fig. 6. K_2O+Na_2O content distribution map

Распределение содержания TiO_2 (рис. 7) точно совпадает с распределением содержания $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$.

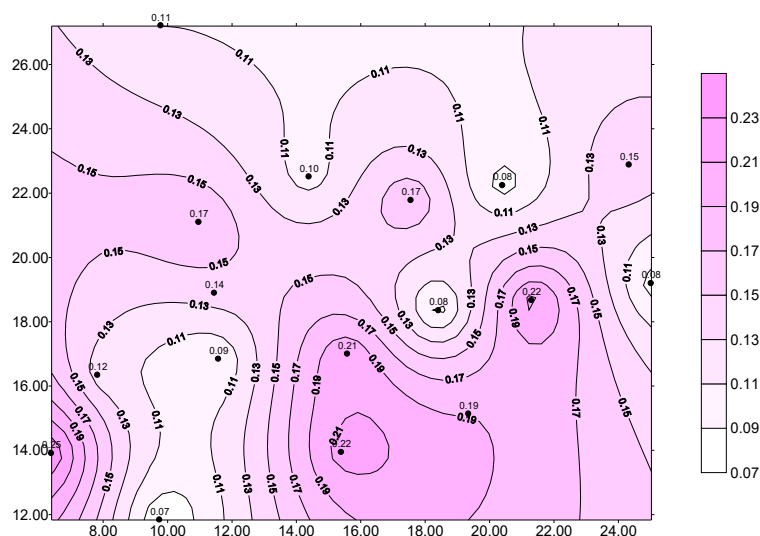


Рис. 7. Карта распределения содержаний TiO_2 /

Fig. 7. TiO_2 content distribution map

Выводы

Выполненный площадной анализ геолого-промышленных параметров Дороговского месторождения песчаников позволил установить следующие закономерности:

1. Наличие в центральной части месторождения достаточно мощной полезной толщи (более 10 м) с самыми незначительными значениями вскрышных пород (менее 1,0 м).

2. Эта же центральная часть месторождения характеризуется повышенными значениями кремнезема SiO_2 , не очень большими содержаниями глинозема Al_2O_3 и компонентов, входящих в состав глинистых минералов. Таким образом, центральная зона Дороговского месторождения является по качеству песчаников, планируемых использоваться в качестве сырья для строительных работ, наиболее благоприятной.

Литература

1. Босиков И.И., Ключев Р.В., Гаврина О.А. Анализ геолого-геофизических материалов и качественная оценка перспектив нефтегазоносности Южно-Харьбинского участка (Северный Кавказ). // Геология и геофизика Юга России. – 2021а. – №11(1). – С. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2021.36.47.001.
2. Босиков И.И., Ключев Р.В., Хетагуров В.Н., Ажмухамедов И.М. Разработка методов и средств управления аэрогазодинамическими процессами на добычных участках. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2021б. – №1. – С. 77–83. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-1-77-83.
3. Голик В.И., Бурдзиева О. Г., Дзеранов Б.В. Управление геодинамикой массива путем регулирования величины напряжений. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – №10(2). – С. 147–160. DOI: 10.46698/VNC.2020.93.21.011.
4. Ключев Р.В., Босиков И.И., Майер А. В., Гаврина О.А. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы // Устойчивое развитие горных территорий. – 2020. – №2. – С. 283–290. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-2-283-290.

5. Земцовская Е.В. Горнотехническая рекультивация отвалов скальных пород на примере АО «Ковдорский ГОК». // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №7. – С. 384–391.
6. Костеневич К.А., Белоус О.И., Слюнкина С.А. Влияние условий формирования и постседиментационных процессов преобразования отложений на структуру пустотного пространства и фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов продуктивного горизонта тюменской свиты Краснотеннинского свода. // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге: труды III Всероссийского научно-практического седиментологического совещания, 10–12 апреля 2017 г. – Томск: Изд-во ЦППС НД, 2017. – С. 84–90.
7. Лебедев С.В., Нестеров Е.М., Зарина Л.М. Оценочные типы цифровых карт в методологии геоэкологического картографирования. // Проблемы региональной экологии. – 2013. – №5. – С. 53–57.
8. Туголуков А.В., Бармин И.С., Попович В.Ф., Лыгач В.Н. Исследование технологических свойств разновидностей апатит-штаффелитовых руд Ковдорского месторождения. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №12. – С. 37–42.
9. Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б. Зонирование высокогорных территорий по геоэкологическим нагрузкам, обусловленным геодинамическими и климатическими воздействиями. // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – №11(1). – С. 81–94. DOI: 10.46698/VNC. 2021.15.66.007.
10. Шарафелдин Х.Э. Позднеорогенные месторождения золота Египта. // Горные науки и технологии. – 2018. – №1. – С. 89–96. DOI: 10.17073/2500-0632-2018-1-89-96.
11. Augustin J., Gaboury D. Multi-stage and multi-sourced fluid and gold in the formation of orogenic gold deposits in the world-class Mana district of Burkina Faso – Revealed by LA-ICP-MS analysis of pyrites and arsenopyrites. // Ore Geology Reviews. – 2018. – Vol. 104. – pp. 495–521. DOI: 0.1016/j.oregeorev.2018.11.011.
12. Ganapathy G.P., Zaalishvili V.B., Chandrasekaran S.S., Melkov D.A. Integrated monitoring of slope process in India and Russia. // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2020. – No.12(4). – pp. 572–581. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-572-581.
13. Luo D., Zeng G. Application and effects of singularity analysis in evaluating the denudation degree of Carlin-type gold deposits in southwest Guizhou, China. // Ore Geology Reviews. – 2018. – Vol. 96. – pp. 164–180. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.04.018.
14. Nassani A.A., Aldakhil A.M., Zaman K. Ecological footprints jeopardy for mineral resource extraction: Efficient use of energy, financial development and insurance services to conserve natural resources. // Resources Policy. – 2021. – Vol. 74. No.102271. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102271.
15. Sebutsoe T.C., Musingwini C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2017. – Vol. 117. – pp. 199 – 206.
16. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 157. – pp. 306–324. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.08.022.
17. Song X., Pettersen J.B., Pedersen K.B., Roberg S. Comparative life cycle assessment of tailings management and energy scenarios for a copper mine: A case study in Northern Norway. // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 16415. – pp. 892–904.
18. Tyulenev M.A., Zhironkin S.A., Garina E.A. The method of coal losses reducing at mining by shovels. // International Journal of Mining and Mineral Engineering. – 2016. – №7(4). – pp. 363–370. DOI: 10.1504/IJMME.2016.079990.
19. Tyulenev M.A., Markov S.O., Gasanov M.A., Zhironkin S.A. Numerical Modeling in the Structural Study of Technogenic Rock Array. // Geotechnical and Geological Engineering. – 2018. – №36(5). – pp. 2789–2797. DOI: 10.1007/s10706-018-0501-3.

20. Zhukovskiy Y., Batueva D., Buldysko A., Shabalov M. Motivation towards energy saving by means of IoT personal energy manager platform. // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – No.1333 (6). DOI: 10.1088/1742-6596/1333/6/062033.

References

1. Bosikov I.I., Klyuev R.V., Gavrina O.A. Analysis of geological-geophysical materials and qualitative assessment of the oil and gas perspectives of the Yuzhno-Kharbizhinsky area (Northern Caucasus). *Geology and geophysics of Russian South*. 2021a. Vol. 11. No.1. pp. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2021.36.47.001. (In Russ.)
2. Bosikov I.I., Klyuev R.V., Khetagurov V.N., Azhmukhamedov I.M. Development of methods and management tools aerogas dynamics processes at mining sites. Sustainable development of mountain territories. 2021. No. 1b. pp. 77–83. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-1-77-83. (In Russ.)
3. Golik V.I., Burdzieva O.G., Dzeranov B.V. Ground geodynamics control by regulating stress level. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10. No.2. pp. 147–160. DOI: 10.46698/VNC.2020.93.21.011. (In Russ.)
4. Klyuev R.V., Bosikov I.I., Mayer A.V., Gavrina O.A. Comprehensive analysis of the effective technologies application to increase sustainable development of the natural-technical system. Sustainable development of mountain territories. 2020. No.2. pp. 283–290. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-2-283-290. (In Russ.)
5. Zemtovskaya E.V. Rock dumps mining recultivation the case of «Kovdorsky GOK» JSC. Mining information and analytical bulletin. 2016. No. 7. pp. 384–391. (In Russ.)
6. Kostenevich K.A., Belous O.I., Slyunkina S.A. Influence of conditions of formation and post-sedimentation processes of sediment transformation on the structure of void space and reservoir properties of reservoir rocks of the productive horizon of the Tyumen suite of the Krasnoleninsky dome. In: *Proceedings of the III All-Russian Meeting Modern problems of sedimentology in oil and gas engineering*, April 10–12, 2017. Tomsk, TsPPS ND, 2017. pp. 84–90. (In Russ.)
7. Lebedev S.V., Nesterov E.M., Zarina L.M. Estimated types of digital maps in the methodology of geoecological mapping. *Problems of regional ecology*. 2013. No. 5. pp. 53–57. (In Russ.)
8. Tugolukov A.V., Barmin I.S., Popovich V.F., Lygach V.N. Investigation of the technological properties of varieties of apatite-staffelite ores of the Kovdor deposit. Mining information and analytical bulletin. 2011. No. 12. pp. 37–42. (In Russ.)
9. Chotchaev Kh.O., Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B. Zoning of high mountainous areas by geoecological loads caused by geodynamic and climatic influences. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 1. pp. 81–94. DOI: 10.46698/VNC.2021.15.66.007. (In Russ.)
10. Sharafeldin H.E. Late-orogenic gold deposits in Egypt. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2018. No. 1. pp. 89–96. DOI: 10.17073/2500-0632-2018-1-89-96. (In Russ.)
10. Augustin J., Gaboury D. Multi-stage and multi-sourced fluid and gold in the formation of orogenic gold deposits in the world-class Mana district of Burkina Faso – Revealed by LA-ICP-MS analysis of pyrites and arsenopyrites. *Ore Geology Reviews*. 2018. Vol. 104. pp. 495–521. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.11.011.
11. Ganapathy G.P., Zaalishvili V.B., Chandrasekaran S.S., Melkov D.A. Integrated monitoring of slope process in India and Russia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020. Vol. 12. No. 4. pp. 572–581. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-572-581.
12. Luo D., Zeng G. Application and effects of singularity analysis in evaluating the denudation degree of Carlin-type gold deposits in southwest Guizhou, China. *Ore Geology Reviews*. 2018. Vol. 96. pp. 164–180. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.04.018.
13. Nassani A.A., Aldakhil A.M., Zaman K. Ecological footprints jeopardy for mineral resource extraction: Efficient use of energy, financial development and insurance services

to conserve natural resources. *Resources Policy*. 2021. Vol. 74. No.102271. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102271.

14. Sebutsoe T. C., Musingwini C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2017. Vol. 117. pp. 199 – 206.

15. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy*. 2015. Vol. 157. pp. 306–324. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.08.022.

16. Song X., Pettersen J.B., Pedersen K.B., Roberg S. Comparative life cycle assessment of tailings management and energy scenarios for a copperore mine: A case study in Northern Norway. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 16415. pp. 892–904.

17. Tyulenev M.A., Zhironkin S.A., Garina E.A. The method of coal losses reducing at mining by shovels. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. 2016. Vol. 7. No. 4. pp. 363–370. DOI: 10.1504/IJMME.2016.079990.

18. Tyulenev M.A., Markov S.O., Gasanov M.A., Zhironkin S.A. Numerical Modeling in the Structural Study of Technogenic Rock Array. *Geotechnical and Geological Engineering*. 2018. Vol. 36. No. 5. pp. 2789–2797. DOI: 10.1007/s10706-018-0501-3.

19. Zhukovskiy Y., Batueva D., Buldysko A., Shabalov M. Motivation towards energy saving by means of IoT personal energy manager platform. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1333. No. 6. DOI: 10.1088/1742-6596/1333/6/062033.