

УДК 622.791.(315) © Р.А. Мусин¹, Ж.М. Асанова¹, Э.Р. Халикова¹,
Н.Д. Джусупов¹, А.В. Голик², 2024

UDC 622.791.(315) © R.A. Musin¹, Zh.M. Asanova¹, E.R. Khalikova¹,
N.D. Dzhussupov¹, A.V. Golik², 2024

¹ КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан
² ТОО «i-Geo Kazakhstan», 100000, г. Караганда, Республика Казахстан
✉ e-mail: zhanar-a@bk.ru

¹ Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan
² JSC «i-Geo Kazakhstan», Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan
✉ e-mail: zhanar-a@bk.ru

Разработка технологических критериев оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана

Development of technological evaluation criteria for the selection of promising coal methane production sites

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-102-108>

МУСИН Р.А.

Доктор PhD, и.о. доцента кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: R.A.Mussin@mail.ru

АСАНОВА Ж.М.

Доктор PhD, и.о. доцента кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: zhanar-a@bk.ru

ХАЛИКОВА Э.Р.

Доктор PhD, старший преподаватель кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: salyahova_e@mail.ru

ДЖУСУПОВ Н.Д.

Докторант по образовательной
программе 8D07202 «Горное дело»
КарТУ им. Абылкаса Сагинова,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: dzhussupov.nurbol@mail.ru

ГОЛИК А.В.

Директор ТОО «i-Geo Kazakhstan»,
100000, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: andrey.golik@i-geo.KZ

В статье определяются технологические критерии на основе анализа влияния глубины залегания, нарушенности, проницаемости и метаноносности угольных пластов для выявления наиболее газонасыщенных участков, которые можно считать перспективными для получения метана из угольной толщи. Организация широкомасштабной добычи метана угольных пластов позволит существенно снизить риск взрыва метановоздушных смесей при освоении новых горизонтов и использовать часть добываемого газа для энергетических установок шахт. Это повысит рентабельность добычи угля. На полях действующих шахт добыча метана рассматривается, с одной стороны, как источник доступного и дешевого горючего газа, с другой, как способ снижения газонасности угольных пластов в целях создания безопасных условий труда. Анализируя геологические особенности Карагандинского угольного бассейна в сравнении с международными, можно сделать вывод о потенциале для реализации проектов по добыче метана на отдельных участках. Рассматривается пять участков Карагандинского угольного бассейна: Промышленный, Абайский, Шерубайнуринский, Талдыкудукский и Саранский. Были выявлены ключевые факторы, воздействующие на процесс извлечения метана из угольных пластов. Для оценки факторов каждому участку были присвоены цифры от 1 до 10, где 10 представляет собой наилучший показатель. Произведя обобщение результатов проведенных исследований, был составлен критериальный рейтинг каждого участка. По результатам проведенных

исследований была составлена карта с указанием наиболее перспективных участков для добычи метана с указанием на ней прогнозных ресурсов метана и объемов угля.

Ключевые слова: взрыв, метан, метаноносность, Карагандинский угольный бассейн, критерий оценки, критериальный рейтинг.

Для цитирования: Разработка технологических критериев оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана / Р.А. Мусин, Ж.М. Асанова, Э.Р. Халикова и др. // Уголь. 2024;(4):102-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-102-108.

Abstract

The article defines technological criteria based on the analysis of the influence of the depth of occurrence, disturbance, permeability and methane content of coal seams, to identify the most gas-saturated areas that can be considered promising for obtaining methane from the coal bed. The organization of large-scale production of coalbed methane will significantly reduce the risk of explosion of methane-air mixtures during the development of new horizons and use part of the extracted gas for mine power plants. This will increase the profitability of coal mining. On the fields of operating mines, methane production is considered, on the one hand, as a source of affordable and cheap combustible gas, on the other, as a way to reduce the gas content of coal seams in order to create safe working conditions. Analyzing the geological features of the Karaganda coal basin in comparison with international ones, we can draw a conclusion about the potential for the implementation of methane production projects in individual areas. Five sections of the Karaganda coal basin are being considered: Industrial, Abai, Sherubainurinsky, Taldykuduk and Saransky. Key factors affecting the process of methane extraction from coal seams have been identified. To evaluate the factors, each site was assigned a number from 1 to 10, with 10 representing the best score. After generalizing the results of the conducted research, a criterion rating of each site was compiled. Based on the results of the research, a map was compiled indicating the most promising sites for methane production, indicating on it the projected methane resources and coal volumes.

Keywords

Explosion, methane, methane content, Karaganda coal basin, evaluation criterion, criteria rating.

For citation

Musin R.A., Asanova Zh.M., Khalikova E.R., Dzhusupov N.D., Golik A.V. Development of technological evaluation criteria for the selection of promising coal methane production sites. *Ugol'*. 2024;(4):102-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-102-108.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросу безопасных условий труда при ведении горных работ сейчас уделяют особое внимание на шахтах практически всех угольных бассейнов мира. Высокая газоносность угольных пластов является одной из главных причин взрывов метана на шахтах. Практически нулевую газопроницаемость и низкую газоотдачу имеют пласты при нынешних глубинах их разработки. Это является основ-

ным сдерживающим фактором развития добычи метана из неразгруженных угольных пластов [1].

Современные угольные месторождения, по существу, являются углегазовыми, так как запасы метана в них сопоставимы с запасами природного газа. По разным источникам, в Карагандинском угольном бассейне на глубине до 1800 м содержится от 1 до 4 трлн куб. м газа. Ежегодно при подземной разработке угольных пластов извлекается средствами дегазации и вентиляции около 500 млн куб. м газа. Используется при этом порядка 15% от общей эмиссии метана в качестве топлива шахтных котельных.

Добыча и утилизация метана в промышленных масштабах окажут положительное влияние на экономику Казахстана, к тому же обеспечат освоение нетрадиционного экологически чистого энергоносителя, который частично заменит традиционно используемый в энергетике промышленно развитых регионов Казахстана уголь [2].

Цель работы: разработать технологические критерии оценки для выбора перспективных участков добычи угольного метана.

Научная новизна заключается в определении технологических критериев на основе анализа влияния глубины залегания, нарушенности, проницаемости и метаноносности угольных пластов для выявления наиболее газонасыщенных участков, которые можно считать перспективными для получения метана из угольной толщи.

Идея работы заключается в критериальной оценке каждого из участков Карагандинского угольного бассейна по основным факторам, влияющим на добычу газа метана на участках

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Для выбора участка, наиболее подходящего для извлечения метана угольных пластов, были определены основные факторы, влияющие на добычу, которые представлены на рис. 1.

Каждый участок был оценен по шкале от 1 до 10 по основным факторам, где 10 – это лучший показатель, итоговое суммирование полученных результатов. Критериальный рейтинг перспективности участков для добычи метана из угольных пластов учитывает влияние влажности, выхода летучих веществ, десорбции метана и проницаемости пласта на различных глубинах [3].



Рис. 1. Факторы, влияющие на критерий оценки

Fig. 1. Factors that affect the evaluation criterion

Таблица 1

Основные показатели метановых запасов

Main indicators of methane reserves

Участки	Глубина оценки ресурсов, м	Ресурсы метана в млрд куб. м
Чурубай-Нурина синклираль		
Тентекская мульда	940	1,1
Тентекская мульда	1400	19,6
Мелкие мульды	300-600	3,2
Северо-западное крыло синклинали	1100	39,5
Восточное крыло синклинали	до 700 700-1500	50,7 207,0
Остальная неотработанная часть синклинали	200-1500	292,5
Манжинская антиклиналь	1800	4,8
	Итого	618,4
Карагандинская синклираль		
Глубокие горизонты Саранского участка	1400	26,3
Талдыкудукский участок	1300	28,2
Площадь между Саранским и Талдыкудукским участками	1400	67,6
Западное крыло синклинали	700	5,9
Юго-восточное крыло синклинали и его глубокие горизонты	1500	75,0
Северо-западное крыло синклинали	700	24,9
	Итого	227,9
Всего по бассейну		846,3

Первым фактором являются прогнозные ресурсы метана угольных пластов.

Путем сопоставления геологических особенностей Карагандинского угольного бассейна с аналогичными за рубежом пришли к выводу, что имеется хороший потенциал развития проектов по добыче метана на отдельных участках. Проанализировав опыт отечественных ученых и сведя основные показатели метановых запасов в табл. 1, можно отметить большие ресурсы этого газа, находящиеся на разных участках Карагандинского угольного бассейна. На глубине до 1800 м содержится до 4 трлн куб. м газа [3, 4].

Второй фактор – влияние глубины залегания пласта на его проницаемость.

На исследуемых участках были выбраны наиболее газоносные пласты, которые мы стали считать яркими представителями участка. Пробы отбирались на различных глубинах и по несколько раз для точности проводимых исследований. В табл. 2 сведены результаты и выведено среднее значение по каждому исследованию проницаемости. Даже при небольшой разнице в глубинах можно заметить изменение проницаемости пласта в меньшую сторону (рис. 2). Наиболее явно это демонстрируют образцы пласта K10, отобранные на Саранском участке на глубинах более 600 м. Стоит отметить, что увеличение проницаемости угленосного массива способствует более активной десорбционной способности угля [5, 6].

Третий критерий – влияние глубины залегания пласта на его фильтрационную способность (десорбция).

Особенность накопления запасов метана в угольных пластах отличается от коллекторов традиционного газа. Механизм десорбции играет важную роль. Проведя исследования образцов, можно отметить (рис. 3), что способность выделения метана незначительно изменится на небольших глубинах и более активно себя проявляет с увеличением глубины (табл. 3) [6].

Оценка сырьевой базы проводилась посредством обобщения статистических результатов, характеризующих угленосность различных свит [7, 8].

Таблица 2

Результаты исследования и среднее значение проницаемости

Research results and the average permeability value

Участки	Шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Проба №1, мД	Проба №2, мД	Проба №3, мД	Проба №4, мД	Проба №5, мД	Среднее значение проницаемости, 10-2 мД
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	3,0	3,22	3,2	3,21	3,23	3,172
	Казахстанская	Д6	470	3,3	3,4	3,5	3,0	3,8	3,4
	Казахстанская	Д6	500	3,1	3,5	3,4	3,7	3,0	3,34
Саранский	Саранская	K10	600	6,8	7,4	7,1	7,5	7,0	7,16
	Саранская	K10	620	6,7	6,8	6,8	6,5	6,9	6,74
	Саранская	K10	635	6,9	6,7	6,8	6,4	6,8	6,72
Промышленный	Кузембаева	K12	460	2,0	2,1	2,3	2,5	1,8	2,14
	Кузембаева	K12	480	2,5	2,2	2,7	2,4	2,6	2,48
	Кузембаева	K12	500	2,4	2,6	2,7	2,9	2,2	2,56
Чурубай-Нурина	Скв. 5	K10	420	6,7	6,9	6,7	6,5	6,2	6,6
	Скв. 6	K10	435	6,8	6,7	6,9	6,9	6,7	6,8
	Скв. 7	K10	440	6,7	6,6	6,8	6,7	6,9	6,74
Талдыкудукский	Скв. Т-1	K12	460	4,8	4,3	4,5	4,2	4,3	4,42
	Скв. Т-2	K12	475	4,1	4,2	4,0	4,1	4,2	4,12
	Скв. Т-3	K12	500	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,24

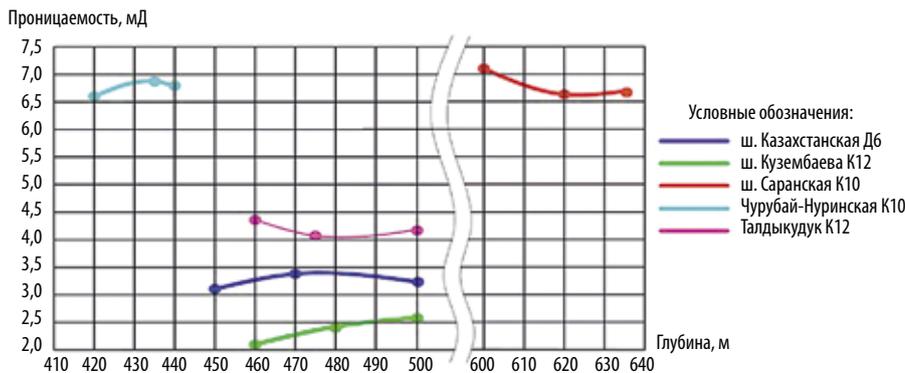


Рис. 2. Изменение проницаемости пласта
Fig. 2. Changes in in-place permeability

Суммируя мощности этих пластов, можно понять, что свиты неоднородно выдержаны. Несмотря на большое количество пластов на Тентекской свите, рабочими значатся лишь единицы. Обратная ситуация на Карагандинской и Долинской свитах (табл. 4) [8, 9].

МЕТАНОНОСНОСТЬ

От степени преобразования органического вещества в процессе метаморфизма зависит газонасыщенность углей. С увеличением глубины залегания повышается содержание газа метана в основных пластах, и уменьшается их газопроницаемость. На основе средних значений опытных образцов была определена зависимость газонасыщенности от глубины, характеризующая Карагандинский угольный бассейн в целом (рис. 4). А также проведены исследования для отдельных пластов на основе опытных проб (табл. 5) [10, 11].

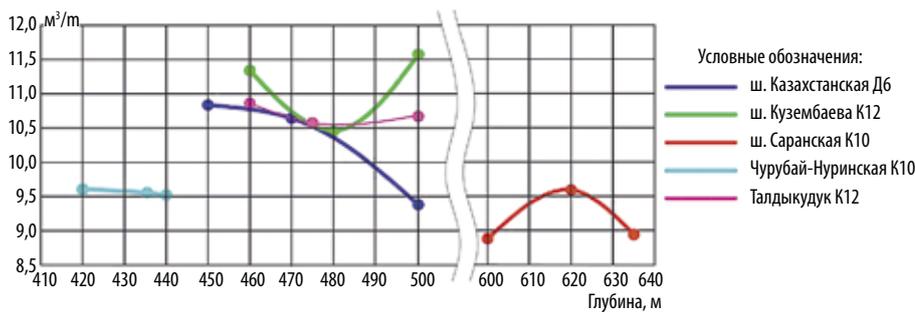


Рис. 3. Выделение метана с увеличением глубины
Fig. 3. Methane release with increasing depth

Далеко не всегда большое количество пластов является хорошим источником метана, потому что мощность некоторых может быть незначительна, поэтому и количество сорбированного в нем метана, несомненно, будет меньше. Для нарядности на графике (см. рис. 3) красным цветом обозначено количество рабочих пластов, оставшаяся часть выделена синим цветом, чтобы продемонстрировать общее количество пластов в свите.

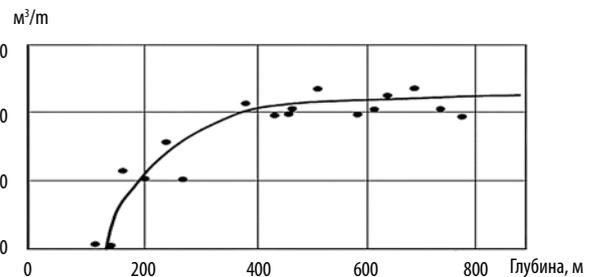


Рис. 4. Зависимость газонасыщенности от глубины
Fig. 4. Dependence of the gas content on the depth

Таблица 3

Способность выделения метана
Methane emission capacity

Участки	Шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Проба №1, куб. м/т	Проба №2, куб. м/т	Проба №3, куб. м/т	Проба №4, куб. м/т	Проба №5, куб. м/т	Среднее значение по отобраным пробам, куб. м/т
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	11,50	10,90	11,81	11,04	9,72	10,994
			470	11,20	10,26	11,24	11,80	8,95	10,69
			500	5,56	9,74	11,18	10,37	10,55	9,48
Саранский	Саранская	К10	600	9,70	8,52	7,93	8,11	9,85	8,876
			620	10,52	9,74	8,56	9,55	9,72	9,618
			635	9,96	8,72	7,27	8,52	9,95	8,884
Промышленный	Кузембаева	К12	460	11,50	10,90	11,24	11,80	11,45	11,378
			480	10,28	10,30	10,92	9,95	10,90	10,47
			500	12,69	10,22	11,81	11,04	12,27	11,606
Чурубай-Нуриинский	Скв. 5	К10	420	10,50	9,73	8,55	9,53	9,70	9,602
			435	10,58	9,70	8,50	9,49	9,72	9,598
			440	10,46	9,69	8,49	9,55	9,78	9,594
Талдыкудукский	Скв. Т-1	К12	460	12,69	10,22	11,81	11,04	12,27	11,606
			475	12,5	12,3	10,0	10,12	11,03	11,19
			500	12,3	10,2	11,4	10,8	12,2	11,308

Мощности угольных пластов Карагандинского бассейна

Coal seams thicknesses in the Karaganda Basin

Свита	Мощность свиты, м	Индексы пластов	Общее количество пластов и количество рабочих пластов	Суммарная мощность всех пластов и суммарная мощность рабочих пластов, м	Угленосность всех пластов и рабочих пластов, %
Ашлярикская	500-600	А1-А20	20-22	14-20	2,4-3,7
			2-4	2-6	0,3-1,1
Карагандинская	630-800	К1-К20	24-26	26-42	3,5-6,0
			9-15	13-31	1,7-4,5
Долинская	430-560	Д1-Д11	10-11	14-15	2,9-4,2
			6-9	11-12	2,3-3,3
Тентекская	515-560	Т1-Т17	16-18	17-18	3,0-3,5
			3-4	3-4	0,6-1,7
Талдыкудукский район	620-780	К1-К20	23-25	15-16	3,5-6,0
			19-20	11-13	1,7-4,5

Таблица 5

ВЛАЖНОСТЬ. ВЫХОД ЛЕТУЧИХ

Показатель выхода летучих веществ (рис. 5) рассматривается как возможная характеристика напряжений тектонических процессов (табл. 6) и неразрывно связан с влажностью угля. Именно она оказывает влияние на скорость выделения метана [12]. Проведенные исследования демонстрируют запирающий эффект газа при чрезмерной влаге пласта, что отражается на снижении выхода летучих веществ на глубинах, где повышается влажность. Например, при низком давлении происходят блокировка метана в микропорах, а также вытеснение его из крупных пор и трещин. Это явный показатель уменьшения газоотдачи пласта [13, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведя обобщение результатов проведенных исследований, был составлен критериальный рейтинг каждого участка (табл. 7). Наивысшие баллы присваивались участкам с наиболее благоприятным показателем, наименьший балл получили участки с более негативными геолого-технологическими факторами. Например, Талдыкудукский участок характеризуется хорошей плотностью ресурсов, показателями метаноносности, десорбции и выхода летучих, однако проигрывает остальным участкам по данным проницаемости и влажности.

Исследования для отдельных пластов

Studies of individual seams

Пласты	Содержание газа, куб. м/т
Т3	13,5
Т1	20,5
Д11	20,1
Д10	19,9
Д6	21,2
Д5	11,0
Д4	10,0
Д3	14,3
Д1	12,2
К18	18,4
К13	18,4
К12	19,9
К10	17,6
К11	18,0
К7	15,2

стью ресурсов, показателями метаноносности, десорбции и выхода летучих, однако проигрывает остальным участкам по данным проницаемости и влажности.

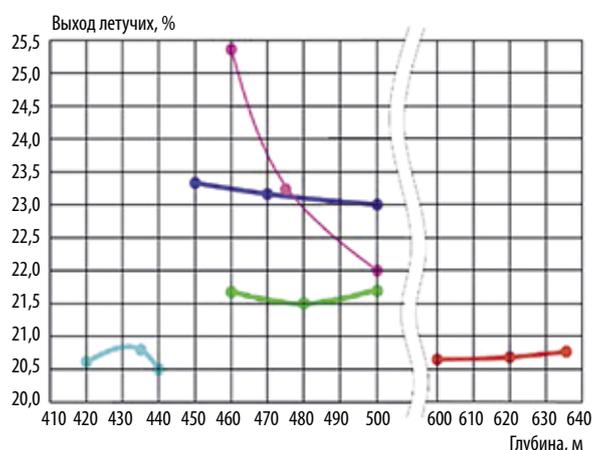
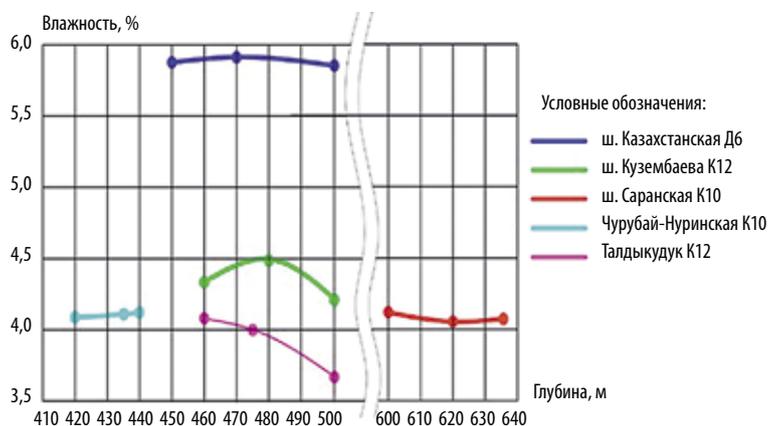


Рис.5. Показатель выхода летучих веществ

Fig. 5. Volatile-matter yield

Таблица 6

Характеристика напряжений тектонических процессов

Characteristics of tectonic stresses

Название участка	Название шахты	Пласт	Глубина отбора проб, м	Масса пробы	Влажность, %	Выход летучих, %
Тентекский	Казахстанская	Д6	450	1,1069	5,8	23,4190
	Казахстанская	Д6	470	1,1506	5,83	23,1857
	Казахстанская	Д6	500	1,1391	5,78	23,0008
Саранский	Саранская	К10	600	1,4795	4,2	20,6488
	Саранская	К10	620	1,2377	4,15	20,7775
	Саранская	К10	635	1,3024	4,19	20,8080
Промышленный	Кузембаева	К12	460	1,2890	4,3	21,6441
	Кузембаева	К12	480	1,1493	4,45	21,5762
	Кузембаева	К12	500	1,1309	4,28	21,6874
Чурубай-Нуриинский	Скв 5	К10	420	1,1291	4,1	20,6675
	Скв 6	К10	435	1,1451	4,15	20,7555
	Скв 7	К10	440	1,2290	4,19	20,5575
Талдыкудукский	Скв Т-1	К12	460	1,2877	4,1	25,4057
	Скв Т-2	К12	475	1,1298	4,0	23,2047
	Скв Т-3	К12	500	1,1304	3,7	22,0055

Таблица 7

Критериальный рейтинг участков

Criteria rating of the sites

Участки	Проницаемость	Десорбция	Плотность ресурсов	Метаноносность	Выход летучих	Влажность	Сводные показатели баллов
Тентекский	4,5	9,5	6	10	10	10	50
Промышленный	3,4	10	10	9,5	9,4	8,6	50,9
Саранский	10	8,3	10	8,4	9	8,4	54,1
Чурубай-Нуриинский	9,7	8,3	10	8,4	9	8,2	53,6
Талдыкудукский	9,7	10	10	10	10	8,2	57,9

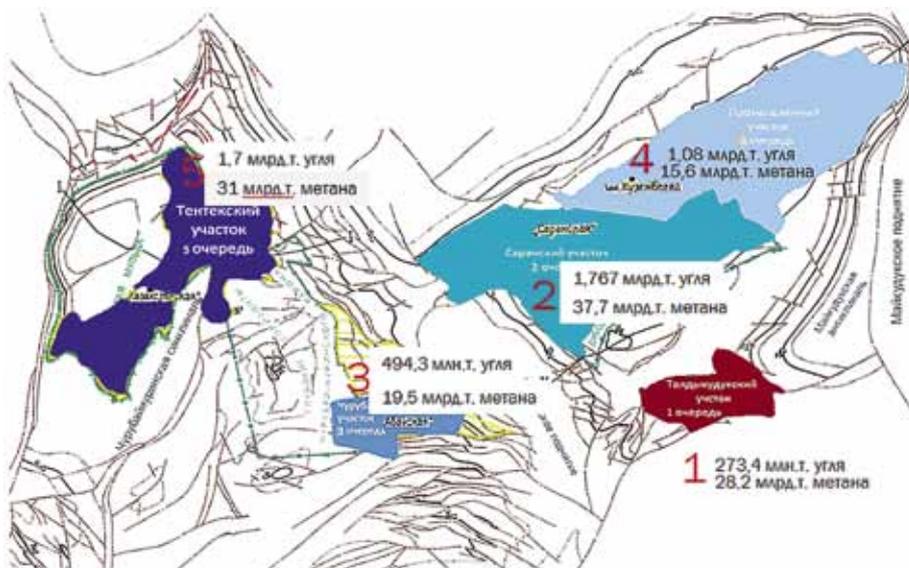


Рис. 6. Перспективные участки ресурсов метана и объемов угля

Fig. 6. Prospective zones of methane resources and coal volumes

Суммируя полученные баллы по каждому участку, можно отметить, что наиболее перспективным оказался Талдыкудукский участок, затем идут Чурубай-Нуриинский и Саранский. Наиболее низкие показатели у Тентекского участка. Именно там оказалось наибольшее количество факторов, негативно влияющих на промышленную добычу метана.

По результатам проведенных исследований была составлена карта с указанием наиболее перспективных участков для добычи метана, прогнозных ресурсов метана и объемов угля (рис. 6) [15,16].

Список литературы • References

- Ramaswamy S. Selection of best drilling, completion and stimulation methods for coalbed methane reservoirs. A Thesis of Master science. Petroleum Engineering, Texas A&M University, December 2007.
- Нетрадиционные ресурсы метана угленосных толщ / Н.М. Сторонский, В.Т. Хрюкин, Д.В. Митронов и др. // Российский химический журнал. 2008. Т. LII. № 6. С. 63-72.
Storonsky N.M., Khryukin V.T., Mitronov D.V., Shvachko E.V. Non-conventional methane resources of coal-bearing strata. *Rossiiskij himicheskij zhurnal*. 2008;LII(6):63-72. (In Russ.).
- Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Захаров В.Н. Метан угольных пластов: ресурсы, проблемы извлечения, способы утилизации // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 3. С. 49-57.
Ruban A.D., Zaburdyayev V.S., Zakharov V.N. Coalbed methane: resources, extraction challenges, utilisation methods. *Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti*. 2009;(3):49-57. (In Russ.).
- Проблемы разработки метаноносных угольных пластов, промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском бассейне / А.Т. Айруни, Г.М. Презент, С.К. Баймухаметов и др. М: Издательство АГН, 2002. 320 с.
- Типизация метаноугольных месторождений с оценкой возможности применения различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов / В.Т. Хрюкин, Н.М. Сторонский, Е.В. Швачко и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 3.
Khryukin V.T., Storonsky N.M., Shvachko E.V. et al. Typification of methane-coal deposits with assessment of the possibility to use different technologies for intensification of coal bed gas recovery. *Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti*. 2009;(3).
- Drizhd N.A., Mussin R.A., Alexandrov A.Ju. Improving the Technology of Hydraulic Impact Based on Accounting Previously Treated Wells International science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 272, 2019, 022031, IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022031.
- Demin, V., Demina, T., Mussin R., Zhumabekova, A. Study of edge protecting anchors influence on soil heaving of the mine working. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2020;5(443):71-80. DOI: 10.32014/2020.2518-170X.106.
- Kamarov R.K., Akhmaturov D.R., Amaliyev N.M., Mussin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu*. 2018;(2):5-11.
- Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявления горного давления. М.: Недра, 1982. 192 с.
- Чай Б.Н., Судариков А.Е. Механика подземных сооружений. Учебное пособие. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2007. 159 с.
- Байкенжин М.А., Асанова Ж.М. Повышение несущей способности шахтной рамной конструкции способом применения усилителей профиля металлического проката // Горный журнал. 2021. № 5. С. 36-41.
Baikenzhin M.A., Asanova Zh.M. Enhancement of bearing capacity of the mine frame structure through application of metal rolled section stiffeners. *Gornyj zhurnal*. 2021;(5):36-41. (In Russ.).
- Нургужин М.Р., Даненова Г.Т. Моделирование физических процессов на основе ПК ANSYS. Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2015. 82 с.
- Shaohui Wang, Wei Zhou, Qingxiang Cai, Xuyang Shi, Xiang Lu, Boyu Luan. The Coal Mining Model Under Slippery Slope in Yim-inhe Open Pit Coal Mines. *Geotechnical and Geological Engineering*. 2019;37(5):3727-3737.
- Zhuang X., Chun J., Zhu H. A comparative study on unfilled and filled crack propagation for rock-like brittle material. *Theor. Appl. Fract. Mech*. 2014, pp. 110-120.
- Abdullayev S.S., Bondar I.S., Bakyt G.B., Ashirbayev G.K., Budiukin A.M., Baubekov, Y.Y. Interaction of frame structures with rolling stock. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2021;1(445):22-28. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.3>.
- Taran I.A. Laws of power transmission on branches of double-split hydrostatic mechanical transmissions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2012;(2),69-75.

Authors Information

Musin R.A. – Doctor PhD, Acting Associate Professor, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: R.A.Mussin@mail.ru

Asanova Zh.M. – Doctor PhD, Acting Associate Professor, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanar-a@bk.ru

Khalikova E.R. – Doctor PhD, Senior Lecturer, Mining Department, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: salyahova_e@mail.ru

Dzhusupov N.D. – Doctoral student, 8D07202 "Mining Engineering" Curriculum, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: dzhussupov.nurbol@mail.ru

Golik A.V. – Director, JSC «i-Geo Kazakhstan», Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan

Информация о статье

Поступила в редакцию: 7.11.2023

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received November 7, 2023

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024