

ГАЗОНОСНОСТИ НЕРЮНГРИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гриб Н.Н.^{1,2}, Кузнецов П.Ю.¹, Малинин Ю.А.¹, Колодезников И.И.², Гриб Г.В.¹

¹*Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета
им. М.К. Аммосова, Нерюнгри, e-mail: grib-n-n@yandex.ru;*

²*Академия наук Республики Саха (Якутия), Якутск*

Наибольшую опасность для горняков при подземной отработке месторождений представляют взрывоопасные газы. Полнота, точность и методы определения содержания газов в толще породы являются ключевыми, когда речь идет о безопасности и сохранении жизни шахтеров. Нерюнгринское угольное месторождение, о котором пойдет речь, является уникальным в геолого-структурном отношении. Основные факторы, оказавшие влияние на газоносность месторождения: термобарические условия образования углей, угленосность, тектоника, гидрогеологические и геокриологические условия, ведение горных работ. Было проведено изучение газоносности угольных пластов и вмещающих пород Нерюнгринского месторождения. Исследования показали отсутствие на месторождении зон полной деметанизации и наличие таких газов, как метан, азот, углекислый газ, углеводородные газы, водород. При этом содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического вещества. Помимо прочего, значительное количество метана содержат подземные воды. При изучении газового состава газа угленосной толщи Нерюнгринского месторождения установлены две основные газовые зоны: зона газового выветривания и зона метановых газов. Природные газы в угленосной толще месторождения в метановой зоне представлены в основном метаном. В пределах месторождения отмечается закономерное увеличение метаноносности угольных пластов с глубиной их залегания. Воздействие мерзлоты на газоносность угольных пластов оценивается с двух позиций: а) мерзлота как температурный фактор, повышающий газоёмкость углей; б) мерзлота как экранирующий фактор, снижающий газопроницаемость углей, а также пород угленосной толщи и покровных отложений. В настоящее время, в связи с широким развитием горных работ, мерзлотная обстановка изменилась, мерзлотный экран уничтожен. В результате снятия многолетнемерзлых пород и угольного пласта «Мощного» происходит естественная дегазация пласта «Пятиметрового». Результаты изучения газоносности в угленосной толще Нерюнгринского месторождения позволили понять особенности распространения газов в углепородной толще и факторы, влияющие на содержание газов и их распространение.

Ключевые слова: Нерюнгринское месторождение, природная газоносность, методы определения газоносности, газовая зональность месторождения

NERYUNGRINSKOYE COAL DEPOSIT GAS COMPOSITION

Grib N.N.^{1,2}, Kuznetsov P.Yu.¹, Malinin Yu.A.¹, Kolodeznikov I.I.², Grib G.V.¹

¹*Technical Institute (Branch), Ammosov North-Eastern Federal University, Neryungri,
e-mail: grib-n-n@yandex.ru*

²*Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk*

Firedamp represents the greatest hazard to underground miners. Adequacy, accuracy and methods of strata gas composition determination are a key factor when it comes to the safety and survival of miners. Neryungrinskoye coal deposit, discussed herein, is a unique one in terms of geology and structure. The main factors influencing gas composition of deposits are as follows: coal metamorphism, coal content, tectonics, hydrogeological and geocryological conditions, mining operations. A study of Neryungrinskoye coal seams and host rocks gas composition was carried out. The study has shown the absence of complete demethanization zones at the deposit and the presence of such gases as: methane, nitrogen, carbon dioxide, hydrocarbon gases and hydrogen. At the same time, methane content in rocks depends on the amount of dispersed organic matter. On top of it, groundwaters contain significant amount of methane. When studying this deposit coal-bearing strata gas composition two main gas zones have been established: gas liberating zone and methane gas zone. Natural gases in the coal-bearing strata of the deposit within the methane zone are mainly represented by methane. Within the deposit, there is a regular increase in the methane content of coal seams with the increase of their occurrence depth. The impact of permafrost on gas content of coal seams is assessed from two perspectives: a) permafrost as a temperature factor that increases the gas retention capacity of coal; b) permafrost as a shielding factor that reduces the gas permeability of coal, as well as of coal-bearing strata rocks and overlying deposits. Currently, due to the widespread development of mining operations, the permafrost situation has changed, the permanent screen is destroyed. Natural degassing of the Pyatimetrovyy seam occurs as a result of the removal of perennially frozen rocks and Mosh'niy seam. The findings of the Neryungrinskoye deposit gas content study provided insights into the peculiarities of gases propagation within rock strata, as well as the factors affecting gas composition and distribution.

Keywords: Neryungrinskoye deposit, natural gas content, gas composition determination methods, deposit gas zonality

Проявление метана, как опасного спутника при добыче угля, требует специальных подходов при эксплуатации угольных шахт и обуславливает разработку мероприятий по борьбе с метанопроявлением.

При проектировании технических характеристик вентиляционных и дренажных установок используются результаты прогнозирования метанообильности угольных месторождений.

«Исходными для прогнозного расчета метанообильности шахт являются данные о природной газоносности угольных пластов, получаемые при разведке угольных месторождений. В настоящее время определение газоносности угольных пластов осуществляется преимущественно с помощью проб угля, отобранных керногазонаборниками, опробователями пластов, геолого-геофизическими методиками» [1-4]. Хотя и косвенные методы, несомненно, являются высокоинформативным инструментом при прогнозе газоносности, но их достоверность зависит от качества и количества геологических данных, полученных методом прямого определения газоносности с помощью керногазонаборников [2; 4]. Свидетельство тому – авария на шахте «Листвяжная» в Кузбассе, связанная с выбросами метана, которая повлекла за собой катастрофические последствия. Поэтому детальное и всестороннее изучение газоносности Нерюнгринского месторождения имеет важное значение, т.к. отработка угольного пласта «Пятиметровый» планируется подземным способом.

Самую большую опасность для горняков представляют взрывоопасные газы. Взрывоопасные рудничные газы обычно состоят на 90–98% из метана и лишь в незначительных количествах из водорода, монооксида метана (этана, пропана, бутана) и других горючих газов. Метан – это газ без цвета и запаха, почти вдвое легче воздуха. При содержании метана в воздухе в пределах от 4,9–5 до 15–16% он образует взрывчатые смеси. Наибольшую силу взрыва создает смесь, содержащая 9,1% метана [5-7].

Выявление зависимостей и закономерностей изменения метаноносности угольных пластов актуально для исследований в области повышения достоверности прогнозирования метаноносности угольных месторождений.

Цель исследования: провести анализ газоносности, определить состав газов угленосной толщи Нерюнгринского каменноугольного месторождения, оценить метаноносность месторождения.

Материал и методы исследования

В основу исследований положены материалы геологического изучения Нерюнгринского месторождения на разных стадиях его освоения.

Основными методами изучения газоносности угольных пластов и вмещающих пород месторождения являлись:

1. Методы изучения качественного состава газа по данным проб, отобранных в герметические стаканы (ГС).

2. Метод прямого определения газоносности с помощью керногазонаборников типа КГН.

3. Хроматографический анализ отобранных проб природного газа из углепородного массива месторождения.

Результаты исследования и их обсуждение

Нерюнгринское месторождение находится в Алдано-Чульманском угленосном районе Южно-Якутского угольного бассейна [8]. Промышленный интерес представляют пласты «Мощный» и «Пятиметровый».

К «основным факторам, оказавшим влияние на газоносность Нерюнгринского месторождения, относятся: угленосность, метаморфизм углей, тектоника, гидрогеологические, геокриологические условия, горные работы» и др. [2; 8].

Развитие на месторождении многолетней мерзлоты «определяющего значения на газоносность пластов не оказывает вследствие ее островного распространения и относительно непродолжительного времени развития. Однако ее наличие все же обусловило отсутствие зоны полной демегазации» [8].

Важнейшими факторами, «способствующими современной дегазации пласта, являются: нарушение поверхности добычными работами на пласте «Мощном», а также температурного и гидрогеологического режимов в результате горных работ и защитного водоотлива из скважин. Все перечисленные факторы действуют не обособленно, а совместно, взаимодействуя друг с другом» [2].

Опробование угольных пластов проводилось по профилям с расстояниями между ними 0,5–1 км.

К представительным относятся пробы, удовлетворяющие следующим требованиям:

- пробы отобраны со всеми требованиями технологии опробования;
- пробы надежно загерметизированы, и герметичность не нарушалась в процессе транспортировки и дегазации;
- пробы не имели подсоса воздуха в процессе дегазации;
- содержание кислорода в пробе менее 5%;
- масса пробы более: 200 г.с.б.м. (КГН – уголь), 800 г (КГН – порода), 150 г.с.б.м. (ГС – уголь), 300 г (ГС – порода);
- выход керна не менее 70%;

- зольность угля менее 45%, углистых пород – 50-70%, слабоуглистых и неуглистых – более 70%.

Пробы анализировались на хроматографе марки GC-2010 PLUS SHIMADZU.

По результатам анализа проб определен состав газов угленосной толщи Нерюнгринского месторождения. Установлены: метан, азот, углекислый газ, углеводородные газы, водород.

Метан (CH_4) присутствует во всех пробах. Содержание его в угольном пласте «Пятиметровый» изменяется от 0,1 до 99%, возрастая с глубиной залегания пласта. Минимальное содержание метана (0,0008-0,3%) встречено на глубине 4 м. Максимальное значение содержания CH_4 (90%) встречено на глубине 390 м.

Зона полной дегметанизации на месторождении отсутствует.

Кроме того, существенное содержание метана находится в подземных водах, циркулирующих в углепородной толще. Содержание метана в газах, растворенных в воде, изменяется от 1,73 до 32,2%, что составляет от 0,45 до 10,23 см³/ литр.

В свободно выделившемся газе концентрация метана изменяется от 1,29 до 3,6%.

В газах вмещающих пород концентрация метана колеблется от 0,6% до 91,9%. Содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического

вещества. С увеличением концентрации последнего возрастает и метаносность породы (рис. 1).

Генетически метан связан с угольными пластами и рассеянным во вмещающих породах органическим веществом, являясь в основном продуктом термобарического преобразования органической массы. Не исключена возможность привноса части метана из нижележащей угленосной толщи по глубинным разломам [9].

Тяжелые углеводороды. В составе газов угольных пластов обнаружены все гомологии метана от 0,0001 до 0,005, редко непредельные углеводороды C_2H_6 достигают 0,1%. Во вмещающих породах и растворенных газах непредельные углеводороды отсутствуют, в то время как предельные углеводороды встречаются часто в небольших количествах 0,01%. В связи с тем что количество их невелико, существенного влияния на горнотехнические условия отработки месторождения углеводороды оказывать не будут.

Водород (H_2) является постоянным компонентом угленосной толщи. Он встречен во всех угольных и породных пробах, в подземных водах и свободновыделившемся газе. Содержание его в большинстве проб не превышает 0,5%. Однако встречаются аномальные пробы, в которых содержание водорода превышает 1%.

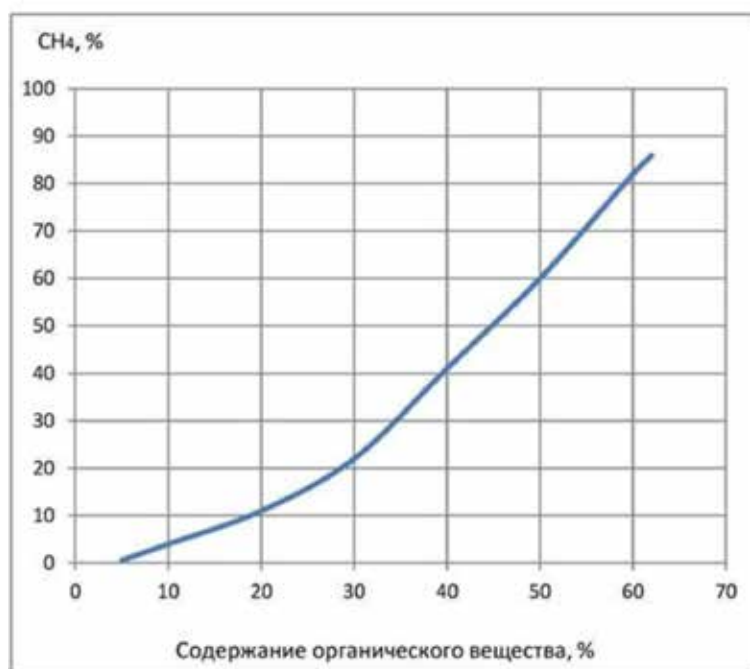


Рис. 1. Зависимость содержания метана от содержания органического вещества

Средняя концентрация H_2 во вмещающих породах составляет 0,8% при колебаниях от 0,02 до 7,7%.

В свободновыделившемся газе H_2 не превышает 0,1%. Водород обнаружен также в подземных водах, где он находится в растворенном состоянии, в количестве 0,2–2,37%.

Присутствие водорода в составе свободновыделившегося газа в подземных водах в свободной фазе дегазации угля подтверждает его природное происхождение.

При существующей современной методике отбора проб газа какой-либо закономерности в распределении водорода по глубинам и по площади не удалось обнаружить. Содержание водорода в пробах в большинстве случаев не превышает 0,3–0,5%. Абсолютное содержание H_2 не превышает 0,1 м³/г.

Наличие водорода в угленосной толще связано, по всей видимости, с метаморфизмом угля, однако не исключена возможность подтока водорода из разрывных нарушений из более глубоких горизонтов угленосной толщи [9].

Азот (N_2) содержится в составе газов угольных отложений от 0,61 до 99,83%, закономерно уменьшаясь с увеличением глубины.

Азот в основном атмосферного происхождения; некоторое количество азота образуется в результате захоронения воз-

духа в процессе осадконакопления угленосной толщи.

Углекислый газ (CO_2) отмечен в большинстве проб (60%), отобранных на месторождении. В составе газов содержание его незначительное и не превышает в основном 5%. Более высокое содержание углекислого газа – до 56,7% в пласте Мощном и 18,46% в пласте Пятиметровом – отмечается вблизи выходов на дневную поверхность, что связано с окислительными процессами в угле.

В зоне метановых газов содержание углекислого газа в угле не превышает десятых долей м³/г.

Значительное количество CO_2 содержится в растворенном состоянии в подземных водах. Концентрация его изменяется от 0,31 до 29,66%, или 0,1–6,94 см³/литр. В свободновыделившемся газе содержание CO_2 – 2,90%.

Основное количество углекислого газа, присутствующего в угленосной толще, образовалось при окислении угля, но, по-видимому, имеется углекислый газ, образовавшийся при метаморфизации угля, особенно на более глубоких горизонтах месторождения [10].

При изучении газового состава газа угленосной толщи Нерюнгринского месторождения установлены две основные газовые зоны (рис. 2):

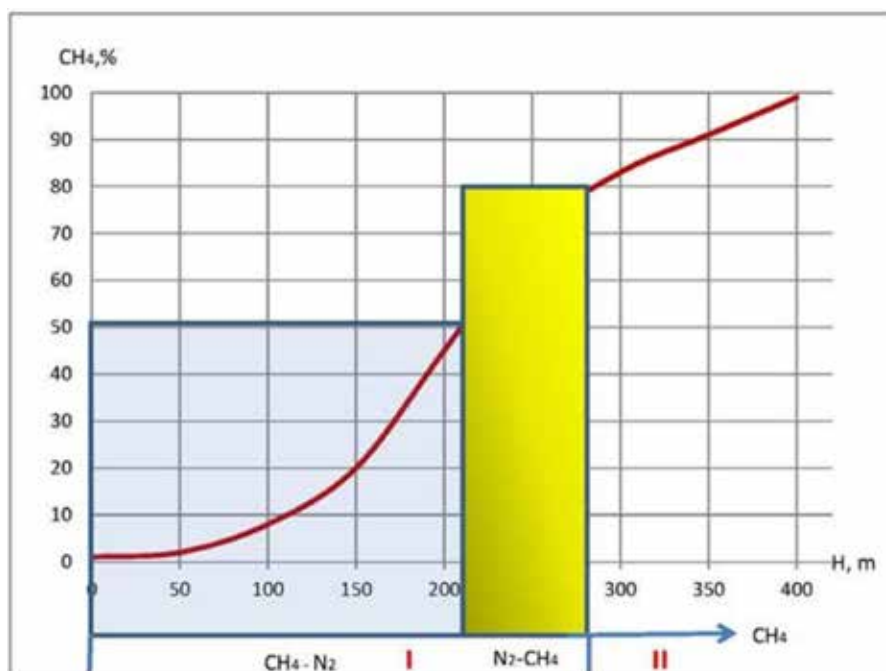


Рис. 2. Газовая зональность пласта «Пятиметровый»:
I – зона газового выветривания (зоны метано-азотная и азотно-метановая);
II – зона метановых газов

Концентрация метана и природная метаноносность, характерные для верхней границы метановых газов (80% CH_4 и 2-3 $\text{м}^3/\text{т}$ CH_4), установлены в пластах на глубинах 100-150 м ниже поверхности статического уровня подземных вод при ненарушенном режиме, что соответствует интервалу в абсолютных отметках 550-600 м. Глубина залегания верхней границы метановой зоны от дневной поверхности зависит от повышения рельефа над статическим уровнем подземных вод. Максимальная мощность зоны газового выветривания характерна для наиболее высоких водораздельных участков, где она достигает 300 метров. Таким образом, весь пласт «Пятиметровый», за исключением разновеликой полосы (50-250 м) вдоль выхода его на поверхность, залегает в зоне метановых газов.

Средняя мощность зоны газового выветривания составляет 250-280 м от поверхности, причем глубина зоны метано-азотных газов 180-210 м, зона азотно-метановых газов фиксируется в интервалах глубин 170-270 м (рис. 2). Природные газы в угленосные толще месторождения в метановой зоне представлены в основном метаном.

Газоносность угольных пластов по водороду не выше 0,1 $\text{м}^3/\text{т}$, углекислому газу

0,8 $\text{м}^3/\text{т}$. Вследствие этого в выполненных нами исследованиях основное внимание было уделено метану и метаноносности углепородного массива Нерюнгринского месторождения.

Природная метаноносность угольных пластов на месторождении меняется от 0,001 до 12,6 метра кубического на тонну сухой беззольной массы ($\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$). Максимальное значение встречено в пласте «Пятиметровый» на глубине 466,0 м в скважине, расположенной в наиболее погруженной части брахисинклинали.

В пределах месторождения отмечается закономерное увеличение метаноносности угольных пластов с глубиной их залегания (рис. 3).

Так, при глубине 100 м средняя метаноносность составляет 1,0-1,2 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$; 200 м – 2,0-3,0; 300 м – 5,0-5,9; 400 м – 8,8-9,5; 500 м – 9,8-11,7 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$. Максимальный градиент метаноносности установлен в интервале 200-350 м и составляет 3-4 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$ на 100 м (рис. 3).

По характеру распределения метана в угленосной толще на площади месторождения выделяются три различных участка: северо-западный, центральный и южный.

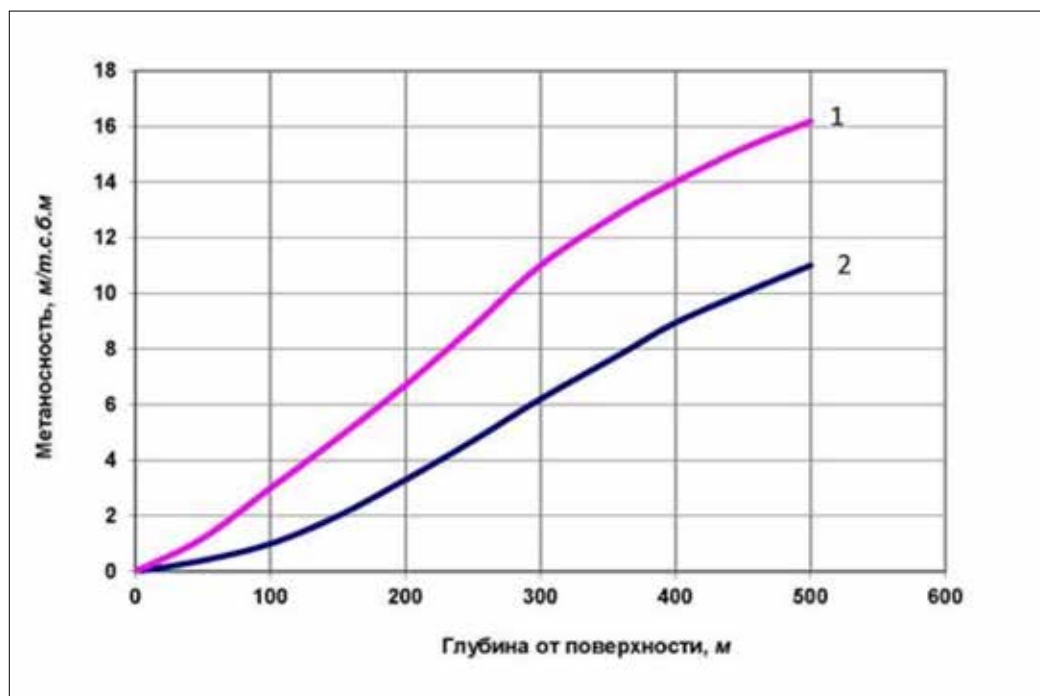


Рис. 3. Изменение с глубиной метаноносности пласта «Пятиметровый» в метрах кубических на тонну сухой беззольной массы ($\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$):

1 – кривая нарастания природной газоносности; 2 – кривая нарастания природной метаноносности

Северо-западная часть характеризуется невыдержанной мощностью газового выветривания, изменяющейся от 70 до 250 м. Метаносность колеблется от 0,004 до 5,6 м³/т.с.б.м. Основными газоконтролирующими факторами являются: влияние тектонических нарушений, наличие мерзлоты и действующего разреза.

В настоящее время в связи с широким развитием горных работ мерзлотная обстановка изменилась, мерзлотный экран уничтожен. В результате снятия многолетнемерзлых пород и угольного пласта «Мощного» происходит естественная дегазация пласта «Пятиметрового» (рис. 4). Так, при ненарушенной поверхности земли метаносность

пласта «Пятиметрового» на глубине 310 м достигала 10 м³/т.с.б.м. При снятии 170-метровой толщи пород и угля метаносность пласта уменьшилась вдвое – до 5 м³/т.с.б.м.

На севере верхняя граница метановых газов сместилась к центру на 300-400 м.

Однако дегазация угольных пластов на западе участка происходит неодинаково. Так, метаносность пласта «Пятиметровый» остается довольно высокой – 8,3 м³/т.с.б.м. на глубине 90 м (снято 200 м).

Это объясняется тем, что участок приурочен к изолированному тектоническому блоку, образованному системой нарушений сбросового характера, являющемуся для газа экраном.

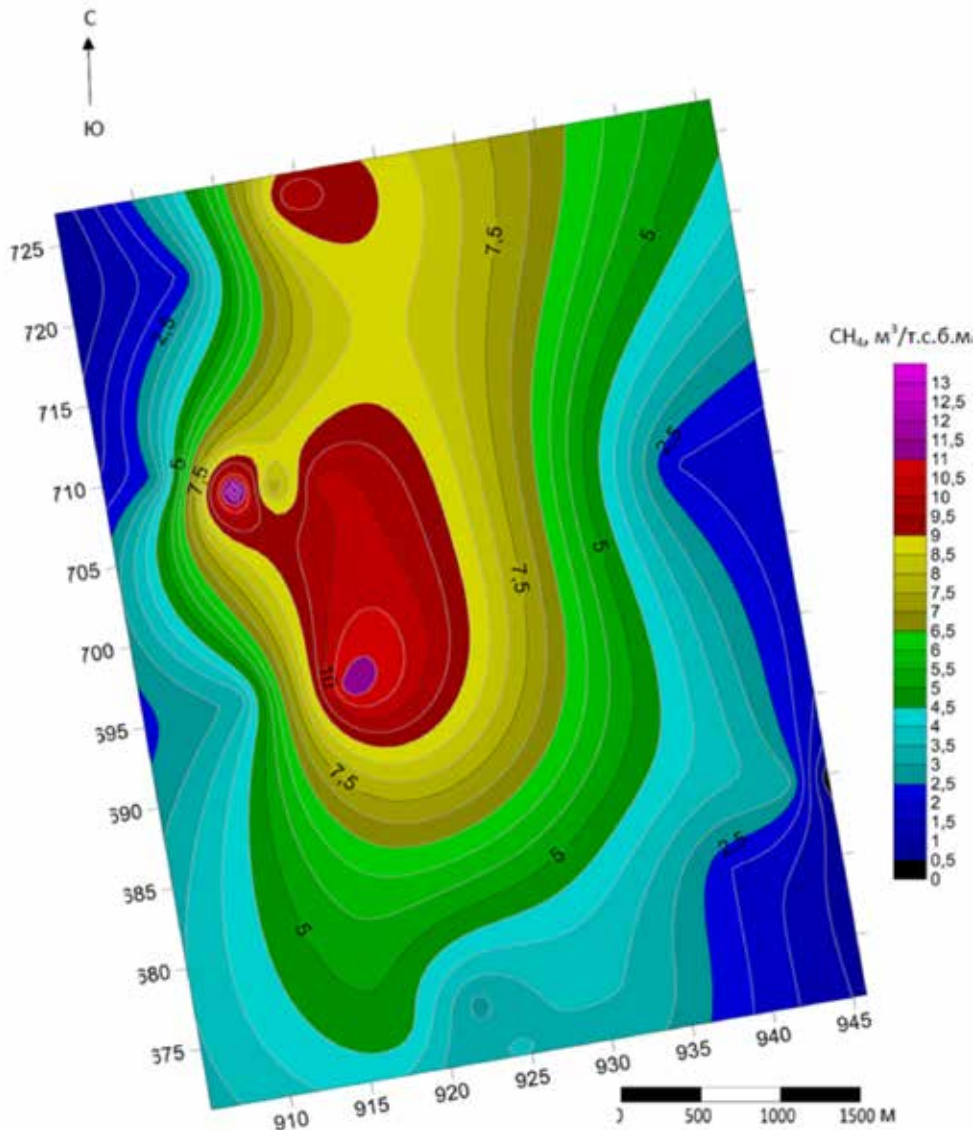


Рис. 4. Карта прогнозной метаносности пласта «Пятиметровый» в метрах кубических на тонну сухой беззольной массы (м³/т.с.б.м.). Масштаб 1:50000

Центральная часть месторождения, где угольные пласты залегают на большей глубине, характеризуется повышенными значениями метаноносности пласта «Пятиметровый» – от 9 до 12,6 м³/т.с.б.м. Мощность газового выветривания достигает здесь 280-300 м.

Южная часть характеризуется малой мощностью газового выветривания 60-130 м. Вместе с этим метаноносность относительно низкая и изменяется от 0,001 до 5,33 м³/т.с.б.м. Максимальная метаноносность (5,33 м³/т.с.б.м.) зафиксирована на глубине 240,0 м.

Большое влияние на процессы дегазации оказывает осушение пласта «Мощного». Абсолютное содержание метана в подземных водах, откачиваемых скважинами, изменяется от 0,45 до 10,23 м³/литр, среднее 5,9 м³/литр. При средней производительности системы осушения 60-70 тыс. м³/сутки с водой выбрасывается в среднем 300-360 м³ метана в сутки.

По результатам исследований построена карта прогнозной метаноносности пласта «Пятиметровый» (рис. 4).

Границей между метановой зоной и зоной газового выветривания принята изомета, равная 2 м³/т.с.б.м.

Метаноносность вмещающих пород незначительная и изменяется от 0,008 до 0,9 м³/т, составляя в среднем 0,35 м³/т. С увеличением содержания углеродистого вещества в природе метаноносность возрастает. Так, при зольности 50% метаноносность увеличивается до 3,92 м³/т. Качественно природные газы вмещающих пород не отличаются от природных газов угольных пластов.

Отмечены редкие кратковременные малодобитные выделения свободного газа, относящиеся к скоплениям его в небольших количествах в ловушках, связанных с нижней границей мерзлоты, которая находится выше уровня подземных вод, являясь экраном для газа, создавая своеобразную ловушку. Однако такие локальные выделения возможны в процессе проходки горных выработок, вскрывающих подобные ловушки.

Заключение

Таким образом, по результатам изучения газоносности в углепородном массиве Нерюнгринского месторождения, насыщенность природными газами: метан (0,1–99%), тяжелые углеводороды (0,0001–0,1%), водород (0,1–14%), углекислый газ (0,1–18,5%), азот (0,6–99,85%). В пределах

месторождения в угольных пластах выявлены зоны газового выветривания и зона метановых газов. Зона полной деметанизации отсутствует. В зоне газового выветривания выделены зоны метано-азотных и азотно-метановых газов. Метаноносность углей колеблется от сотых долей до 12,6 м³/т.с.б.м. Максимальная метаноносность (12,6 м³/т.с.б.м.) встречена на глубине 466 м в пласте «Пятиметровый» в центре месторождения.

Природные газы вмещающих пород не отличаются от газов угольных пластов, однако метаноносность пород существенно ниже. Преобладают значения от следов до 0,3 м³/т.с.б.м.

В северо-восточной части зафиксировано слабое малодобитное выделение свободного газа, связанного со скоплениями его в небольших количествах в ловушках, образованных локальными участками многолетней мерзлоты.

Содержание метана в породах зависит от количества рассеянного органического вещества. С увеличением концентрации последнего возрастает и метаноносность пород.

Список литературы / Reference

1. Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах. Мин-во геол. СССР, Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный институт угольных промышленности. М.: Недра, 1988. 110 с.

Method for determining the gas content of the host rocks of coal deposits during geological exploration. Min. geol. USSR, All-Union Research Geological Prospecting Institute of the Coal Industry. M.: Nedra, 1988. 110 p. (in Russian).

2. Гриб Н.Н., Сяско А.А., Гриб Д.Н., Кузнецов П.Ю., Качаев А.В. Прогноз газоносности пласта «Пятиметровый» Нерюнгринского угольного месторождения по геолого-геофизическим данным // Уголь. 2017. № 12. С. 38-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-12-43-47.

Grib N.N., Syasko A.A., Grib D.N., Kuznetsov P.Yu., Kachaev A.V. Forecast of gas content of plast of Neryungri coal field "five-meter" according to geological and geophysical data // Ugol'. 2017. № 12. P. 38-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-12-43-47 (in Russian).

3. Yan T., Liu Z., Xing L., Luo Y., Bai Y., Huang S. Evaluation of the gas content of coal reservoirs with geophysical logging in Weibei coalbed methane field, southeastern Ordos basin, China. Resources and Sustainable Development. 2013. Pts. 1-4. V. 734-737. P. 331-334. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.734-737.331.

4. Черников А.Г. Состояние и возможности геофизики при решении задач количественной оценки параметров метаноносности угольных пластов // Газовая промышленность. 2010. № 7 (648). С. 22-25.

Chernikov A.G. State and ability of geophysics in coal seams methane content parameters quantitative assessment // Gasovaya promishlennost. 2010. № 7 (648). P. 22-25 (in Russian).

5. Руководство по безопасности «Рекомендации по определению газоносности угольных пластов». Серия 05. Выпуск 48. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016. 44 с.

Safety Guide "Recommendations for determining the gas content of coal seams". Series 05. Issue 48. M.: Closed Joint Stock Company "Scientific and Technical Center for Research on Industrial Safety Problems", 2016. 44 p. (in Russian).

6. Ли Х.У., Попов В.Б., Ермолаев А.М., Филатов Ю.М., Павлов А.Ф. Факторы, определяющие формирование метаноопасных зон в угольных шахтах // Уголь. 2016. № 7 (1084). С. 47-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-47-51.

Lee H.U., Popov V.B., Ermolaev A.M., Filatov Yu.M., Pavlov A.F. Coal mine methane-hazardous formation environment // Ugol'. 2016. № 7. P. 47-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-47-51 c

7. Si G., Jamnikar S., Lazar J., Shi J., Durucan S., Korre A., Zavšek S. Monitoring and modelling of gas dynamics in multi-level longwall top coal caving of ultra-thick coal seams, part I: Borehole measurements and a conceptual model for gas emission zones. *International Journal of Coal Geology*. 2015. V. 144-145. P. 98-110 DOI: 10.1016/j.coal.2015.04.008.

8. Хворостина А.А., Пахомов А.Н., Поляков Н.П., Степанов В.Д., Зализняк М.И. Южно-Якутский каменноугольный бассейн: монография. Угольная база России. Т. 5. Кн. 2. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 15-129.

Khvorostina A.A., Pakhomov A.N., Polyakov N.P., Stepanov V.D., Zaliznyak M.I. South Yakut coal basin: monografiya. *Ugol'naya baza Rossii*. Т. 5, kn. 2. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. P. 15-129. (in Russian).

9. Гресов А.И. Метаресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы её промышленного освоения. Т. II. Углеметановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока. Владивосток: Дальнаука, 2012. 468 с.

Gresov A.I. Meta-resource base of the coal basins of the Russian Far East and the prospects for its industrial development. V. II. Coal-methane basins of the Republic of Sakha (Yakutia) and the North-East. Vladivostok: Dalnauka, 2012. 468 p. (in Russian).

10. Гресов А. И., Яцук А. В. Газовая зональность и газоносность многолетнемерзлых отложений угленосных бассейнов Восточной Арктики и прилегающих регионов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрология. Геокриология. 2013. № 5. С. 387-398.

Gresov A.I., Yatsuk A.V. Gas zoning and gas presence in permafrost of the coal-bearing basins in Eastern Arctics and adjacent regions // *Geojekologija. Inzhenernaja geologija. Gidrologija. Geokriologija*. 2013. № 5. P. 387-398. (in Russian).