

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрейко С.С. Механизм образования очагов газодинамических явлений в соляном породном массиве. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 196 с.
2. Нестеров Е.А. Результаты исследований газоносности соляных пород Половодовского участка // Вестн. ПНИПУ: Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С.140-144.
3. Андрейко С.С. Гипотезы и модели механизма возникновения газодинамических явлений в шахтах // Горная механика. 2002. – №2. – С. 3-8.
4. Чайковский И.И., Иванов О.В. Новые данные по геохимии газов калийных месторождений // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Геология. – 2014. – № 4. – С. 56-65.
5. Земсков А.Н., Кондрашев П.И., Травникова Л.Г. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними. – Пермь: Тип. Купца Тарасова, 2008. – 412 с.: ил., табл.
6. Андрейко С.С., Иванов О.В., Лялина Т.А., Нестеров Е.А. Газоносность по свободным газам пород сильвинитовой и сильвинито-карналлитовой зон Верхнекамского месторождения // Горная промышленность. – 2021. – № 4. – С. 125-133. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-125-133.
7. Андрейко С.С., Иванов О.В., Саламатина Н.А. Береснев С.П. Результаты экспериментальных исследований газоносности пород I калийного горизонта в условиях рудника 1 РУ РУП «ПО «Беларуськалий» // Горная механика. – 2006. – № 2. – С. 23-27.
8. Андрейко С.С., Иванов О.В. Метод прогноза газодинамических явлений при разработке сильвинитовых пластов Верхнекамского месторождения калийных солей // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2009. – № 7. – С. 368-373.
9. Андрейко С.С., Бобров Д.А., Нестеров Е.А., Лукьянец Е.В. Оценка газоносности и газодинамических характеристик пород соляных и глинисто-карбонатных пачек на шахтном поле рудника второго рудоуправления ОАО «Беларуськалий» // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 270-279. – DOI: 10.15593/2712-8008/2020.3.7.
10. Андрейко С.С., Прушак В.Я., Щерба В.Я. Анализ геологических условий возникновения газодинамических явлений на Старобинском месторождении калийных солей // Горная механика. – 2002. – № 1. – С. 89-94.
11. Андрейко С.С., Иванов О.В., Щерба В.Я., Береснев С.П. Результаты исследования газоносности и компонентного состава газа в породах кровли // Горная механика. – 2004. – № 1-2. – С. 3-7.
12. Andreiko S.S. Statistical criteria and estimation results for regularities of gas-dynamic phenomenon distribution in potash deposits // Journal of Mining Science. – 2003. – V. 39, № 4. – P. 354-363.

УДК 622.831.322

DOI:10.7242/echo.2023.1.19

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НА ГАЗОНОСНОСТЬ ПО СВОБОДНЫМ ГАЗАМ СОЛЯНЫХ ПОРОД
В УСЛОВИЯХ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА
ООО «ЕВРОХИМ-УСОЛЬСКИЙ КАЛИЙНЫЙ КОМБИНАТ»**

А.С. Папулов

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования газоносности соляных пород кровли пласта КрII на руднике ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат». При проведении шахтных экспериментальных исследований определялись газоносность пород по свободным газам, газодинамические характеристики пород кровли горных выработок, а также проводился в лабораторных условиях хроматографический анализ компонентного состава свободных газов. Оценивалось распределение газоносности пород и компонентного состава газа на различных расстояниях от контуров нефтяных месторождений, залегающих в нижележащей толще пород. Определен средний компонентный состав свободных газов в пределах и за контуром нефтяных месторождений. Полученные результаты позволяют дать оценку возможного влияния рифогенных структур, залегающих под соляной толщей, на газоносность соляных пород.

Ключевые слова: газоносность, соляные пласты, нефтяное месторождение, компонентный состав, свободные газы, Верхнекамское месторождение.

Введение

На сегодняшний день на шахтном поле рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» ведется отработка сильвинитового пласта КрII. Газодинамические явления являются неотъемлемым опасным фактором при разработке калийных месторождений подземным способом. Они представляют собой быстропротекающие процессы разрушения приконтурной части массива горных пород, сопровождающиеся газовыделением [1-9]. Эти явления вызваны многими факторами, основным из которых является давление свободных газов в массиве соляных пород, и в связи с этим газоносность является одной из ключевых составляющих при оценке возможности возникновения газодинамических явлений. Определение данного параметра позволяет оценить газовое давление и оценить возможность проявления газодинамических явлений при проходке горных выработок.

Одним из открытых вопросов в области рудничной газодинамики и геологии является вопрос о генезисе свободных газов в соляных пластах. В границах шахтного поля рудника отмечаются газогеохимические аномалии, характеризующиеся аномально высоким содержанием метана и его гомологов (в частности бутанов и пентанов) в почво-грунтах сорбированных газов [10]. Возможными путями миграции могут служить субвертикальные трещины, которые сформировались в подстилающей толще при наличии нефтеносных рифогенных структур [11, 12]. Исходя из этого, можно предположить на отдельных участках месторождения влияние нефтеносных рифогенных структур на восходящую миграцию газов в соляную толщу Верхнекамского месторождения калийных солей.

Методика проведения исследований

Исследование газоносности пород пласта КрII проводится путем бурения в кровлю выработки шпура глубиной до 3,0 м и последующей установки в шпур герметизирующего устройства со шлангами. Газ, выделяющийся из изолированной части шпура, поступает по шлангу к прецизионному манометру, где регистрируется его давление, и после чего происходит отбор проб в пластиковый шприц. Исследование пробы газа на компонентный состав проводится на газовом хроматографе. Проведено свыше 30 исследований в кровле пласта КрII в горных выработках рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» (рис. 1).

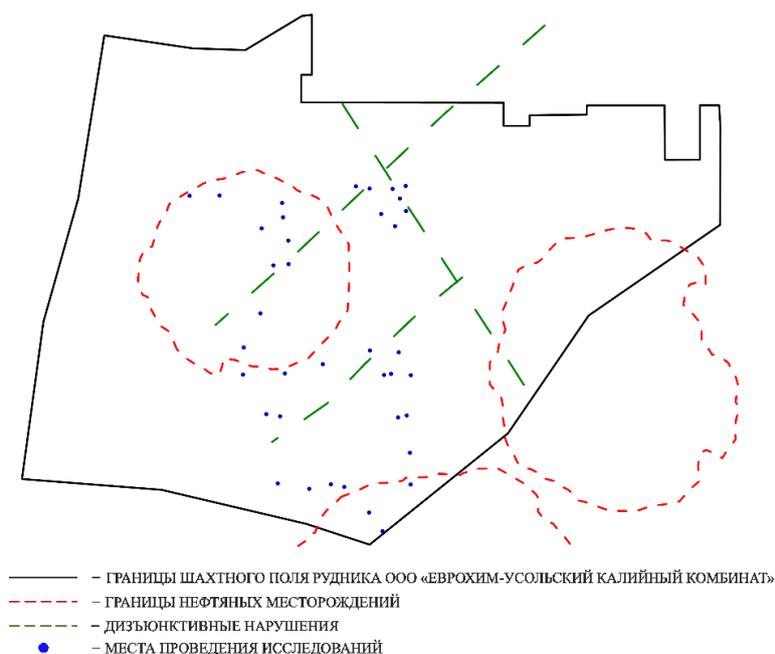


Рис. 1. Места проведения исследования газоносности соляных пород в условиях шахтного поля рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат»

Результаты исследований

В результате проведенных исследований выявлено, что газоносность соляных пород кровли пласта КрII неравномерна по площади распространения и изменяется в пределах от 0,05 до 3,11 м³/м³ при среднем значении равным 0,65 м³/м³. Гистограмма распределения средних значений газоносности по свободным газам представлена на рисунке 2.

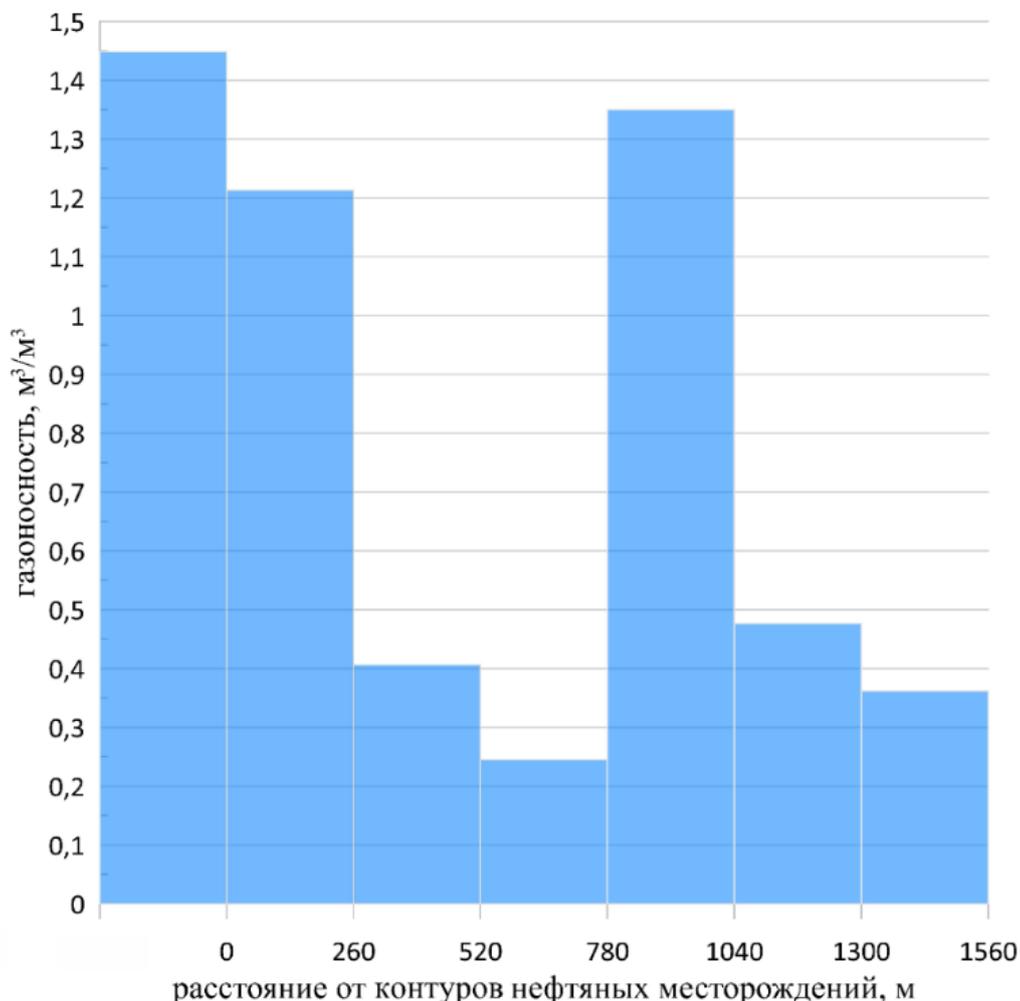


Рис. 2. Гистограмма распределения средних значений газоносности по свободным газам в зависимости от расстояний до контуров нефтяных месторождений на уровне пласта КрII

Как видно из рисунка 2, максимальные значения газоносности соляных пород зафиксированы внутри контура нефтяных месторождений месторождения им. Архангельского и Уньвинского. На расстоянии до 780 м от контуров нефтяных месторождений идет снижение среднего значения газоносности – с 1,45 м³/м³ до 0,25 м³/м³. Однако в зонах исследования – интервалы расстояний от 780 м до 1040 м – происходит увеличение значений газоносности до 1,35 м³/м³. В зоне исследования свыше 1040 м от контуров нефтяных месторождений газоносность снижается до среднего значения равного 0,36 м³/м³. Такое бимодальное распределение значений газоносности пород по свободным газам может быть обусловлено как формированием проницаемых зон над рифогенными постройками в нижележащей толще пород, так и в зонах дизъюнктивных нарушений, расположенных на некотором удалении от месторождений нефти (рис. 1) [10-12].

По компонентному составу свободный газ на исследованных участках шахтного поля рудника метаново-азотный. Содержание метана в породах кровли пласта КрII в районе контуров нефтяных месторождений изменяется от 25,09% до 36,48% при среднем значении 30,59%; содержание водорода изменяется от 0,001% до 3,97% при среднем значении 1,08%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 3,046% до 21,378% при среднем значении 9,785%; содержание азота – от 45,99% до 71,66% при среднем значении 58,54%. Диаграмма среднего компонентного состава свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе контуров нефтяных месторождений представлена на рисунке 3.

Содержание метана в породах кровли пласта КрII в зоне исследования на расстоянии до 780 м от контуров нефтяных месторождений изменяется от 21,77% до 40,73% при среднем содержании 31,47%; содержание водорода – от 0,02% до 0,64% при среднем содержании 0,29%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 4,509% до 9,888% при среднем содержании 7,480%; содержание азота – от 54,67% до 71,53% при среднем содержании 60,70%.

Содержание метана в породах кровли пласта КрII в зоне исследования на расстоянии свыше 780 м от контуров нефтяных месторождений изменяется от 21,13% до 32,77% при среднем содержании 26,45%; содержание водорода – от 0,16% до 2,37% при среднем содержании 1,31%; суммарное содержание тяжелых углеводородных газов – от 5,793% до 23,737% при среднем содержании 15,015%; содержание азота – от 43,66% до 67,55% при среднем содержании 57,12%.

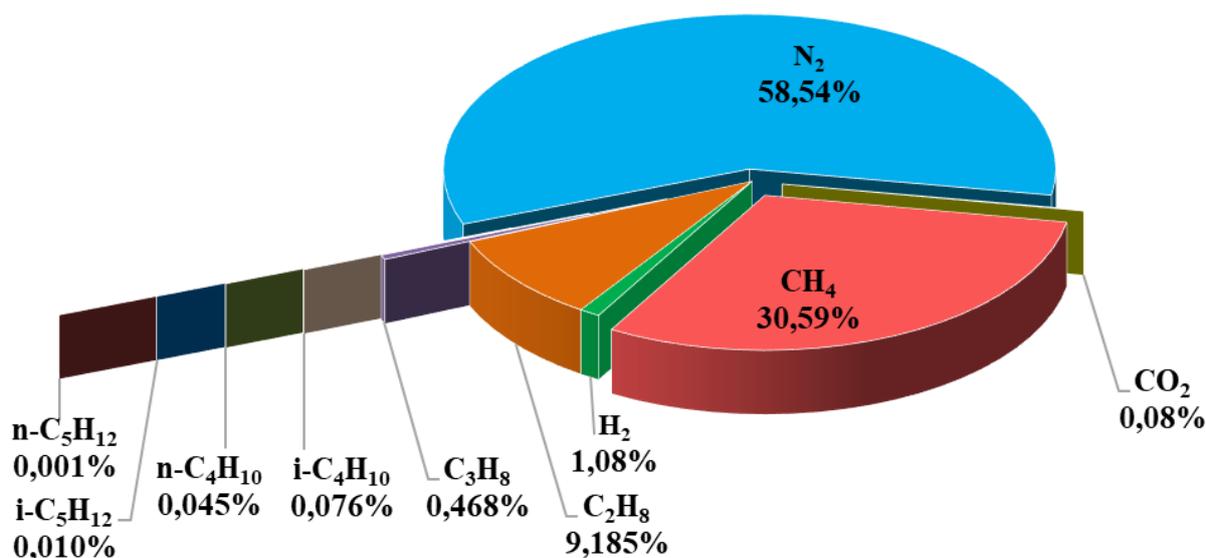


Рис. 3. Средний компонентный состав свободных газов в породах кровли пласта КрII в районе контуров нефтяных месторождений

Анализируя компоненты свободного газа по отдельности, можно выделить тенденцию, которая наблюдается при анализе распределения газоносности: с внутриконтурной зоны исследования до границы 780 м происходит снижение процентного содержания компонентов и резкое повышение процентного содержания компонентов в зоне исследования свыше 780 м от контуров нефтяных месторождений. Содержание компонентов в зависимости от расстояния от контуров нефтяных месторождений представлено в таблице 1. Гистограммы содержания горючих газов ($CH_4 + H_2$) и тяжелых углеводородных газов (C_2-C_5) представлены на рисунках 4 и 5, соответственно.

Таблица 1

Содержание компонентов в зависимости от расстояния от контуров
нефтяных месторождений

Расстояние от контуров нефтяных месторождений, м	Метан, %	Этан, %	Пропан, %	Изобутан, %
внутри контура	30,59	9,18	0,47	0,076
граница контура - 260	35,15	8,63	0,55	0,100
260 – 520	34,48	6,72	0,37	0,065
520 – 780	21,77	5,82	0,27	0,047
780 – 1040	27,58	13,69	1,38	0,374
1040 – 1300	25,66	14,88	0,68	0,105
1300 – 1560	24,07	19,72	0,79	0,098

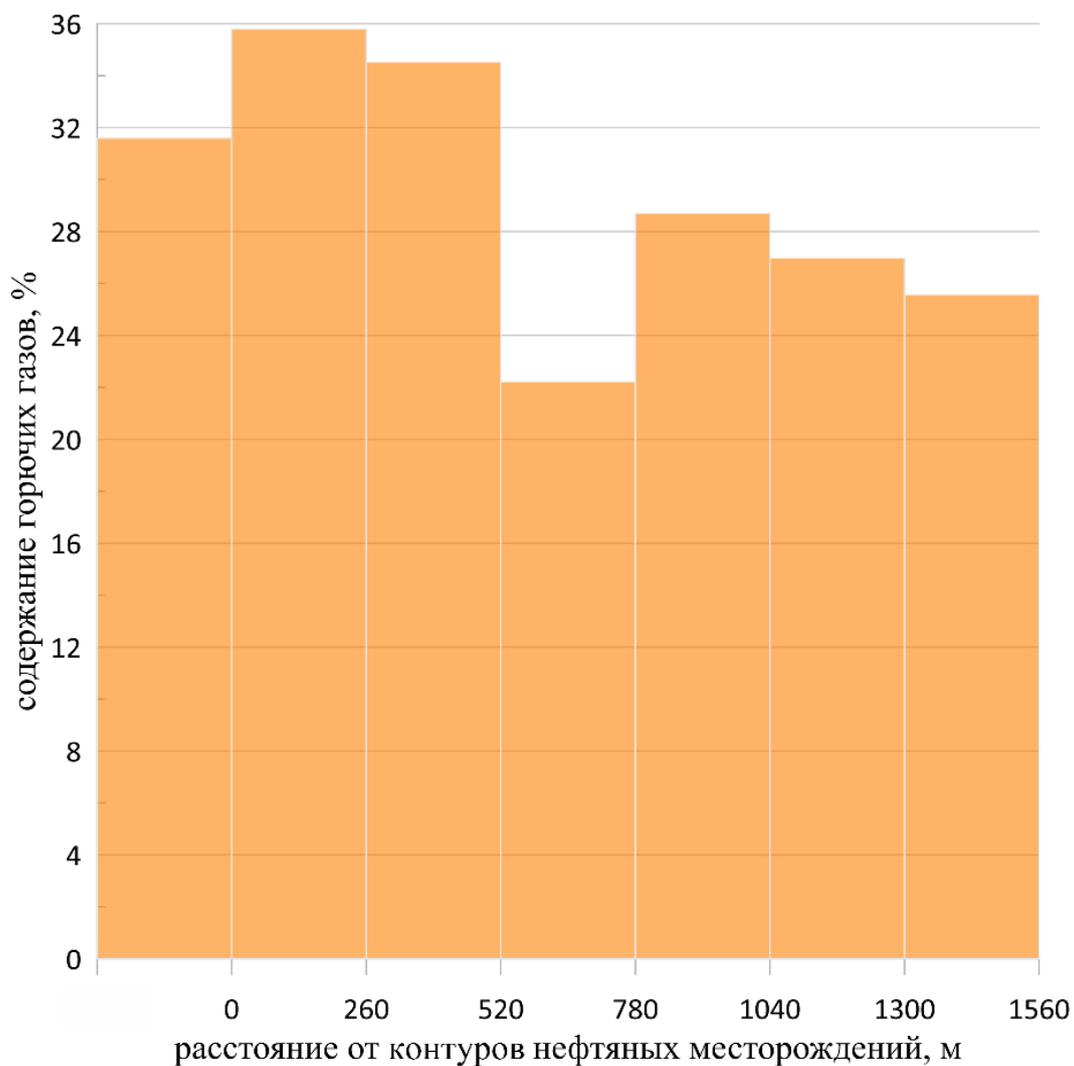


Рис. 4. Гистограмма содержания горючих газов в зависимости от расстояний до контуров нефтяных месторождений на уровне пласта КрII

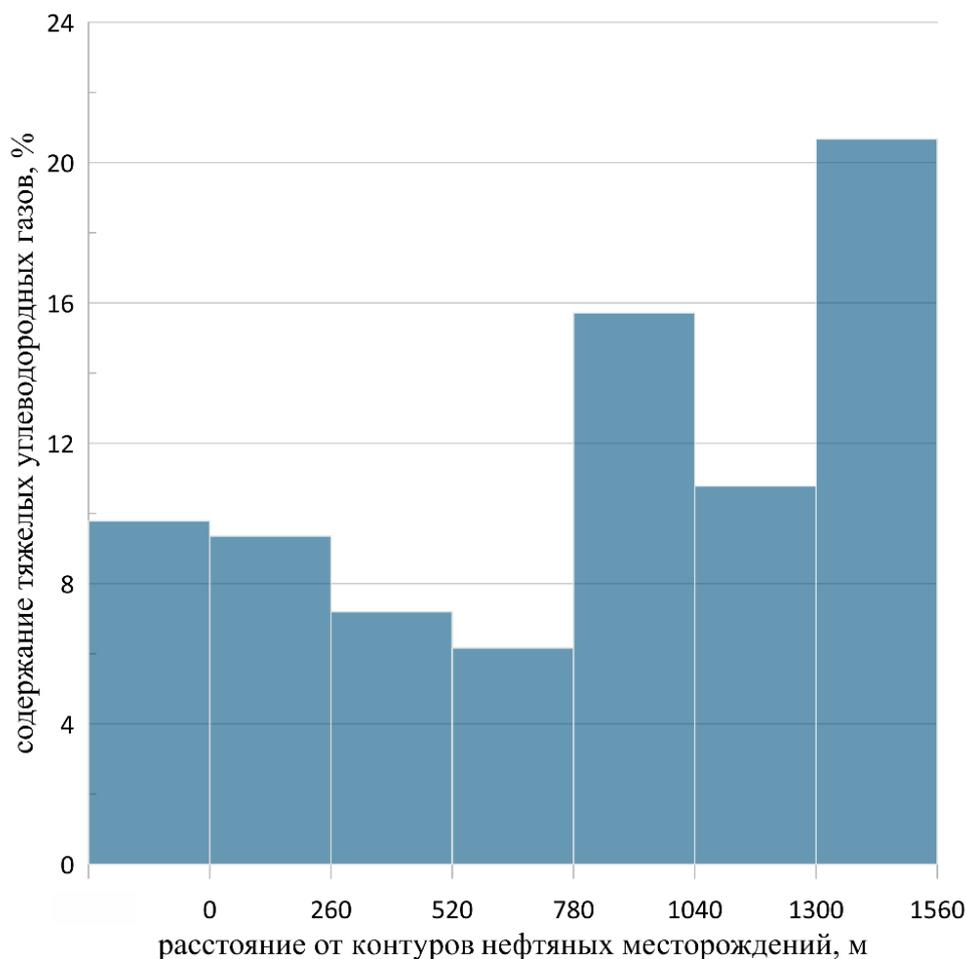


Рис. 5. Гистограмма содержания тяжелых углеводородных газов в зависимости от расстояний до контуров нефтяных месторождений на уровне пласта КрII

Заключение

В результате оценки влияния нефтяных месторождений на газоносность по свободным газам соляных пород в условиях шахтного поля рудника ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат» установлено, следующее.

Средняя газоносность пород по свободным газам пород кровли пласта КрII составляет $0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Максимальные значения газоносности зафиксированы внутри контура нефтяного месторождения и составляют в среднем $1,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Наблюдается тенденция уменьшения величины газоносности свободных газов в соляных породах с удалением от контуров нефтяных месторождений на расстоянии до 780 м. В интервале расстояний 780-1040 м наблюдается резкое увеличение значений газоносности пород по свободным газам до величины $1,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$, что может быть обусловлено наличием проницаемых зон (дизъюнктивных нарушений) на данном участке месторождения. В интервалах расстояний от 1040 м до 1560 м наблюдается снижение величины газоносности пород по свободным газам от $0,48 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $0,36 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Компонентный состав свободных газов пород кровли пласта КрII метаново-азотный. Содержание компонентов свободного газа по зонам исследования имеет аналогичную тенденцию распределения, как и значения газоносности: наибольшие концентрации наблюдаются в зоне исследования внутри контуров нефтяных месторождений и в интервале расстояний 780-1040 м от контуров нефтяных месторождений.