

Оценка инвестиционного потенциала месторождения Поддубное

Отчет подготовлен для

**ООО «Калининградская Калийная
Компания»**



Отчет подготовлен



SRK Consulting (Russia) Ltd.
Номер проекта RU00838
Ноябрь 2021 г.

Оценка инвестиционного потенциала месторождения Поддубное

ООО «Калининградская Калийная Компания»

SRK Consulting (Russia) Ltd.

ул. Кузнецкий Мост,
д.4/3, стр.1, 3^{ий} этаж
г. Москва, Россия, 125009

эл. почта: info@srk.ru.com
веб-сайт: www.srk.ru.com

тел: +7 (495) 545-44-16
факс: +7 (495) 545-44-18

Номер проекта SRK RU00838

Ноябрь 2021 г.

Составитель:

Егорова Любовь
Главный геолог

Email: egoroval@srk.ru.com

Авторы:

Любовь Егорова, Оксана Благовестнова

Рецензент:

Тим Лакс
Главный геолог

Содержание

Отказ от ответственности	vi
1 Исходная информация	1
2 Общая информация	3
2.1 Лицензии на недропользование	3
3 Геология.....	5
3.1 Геологическое строение месторождения	5
3.2 Морфология залежи.....	5
3.3 Минеральный состав руд	6
4 Объем и методика геологоразведочных работ	8
4.1 История геологоразведочных работ.....	8
4.2 Бурение	8
4.3 Геофизические исследования в скважинах	9
4.4 Геологическая документация керна	10
4.5 Опробование керна	10
4.6 Пробоподготовка	11
4.7 Аналитические исследования	12
4.8 Внутренний и внешний контрольный анализы	12
4.9 Определение вещественного состава руд	13
4.10 Технологические исследования.....	14
4.11 Физико-механические исследования.....	14
4.12 Сохранность керна	14
4.13 Выводы SRK	15
4.14 Рекомендации.....	15
5 Данные гравirazведки	15
6 Анализ геологической интерпретации и создание модели зоны минерализации	16
6.1.1 База данных	16
6.1.2 Выделение калийных горизонтов	17
6.1.3 Обоснование параметров оконтуривания.....	19
6.1.4 Каркасная модель	20
6.2 Блочная модель	22
6.2.1 Размер блока	22
6.2.2 Размер поискового эллипса	24
6.2.3 Построение композитов	24
6.2.4 Интерполяция содержаний оксида калия и серы	24
6.3 Объемная масса в модели	25
6.4 Заверка блочной модели.....	27
6.4.1 Визуальная заверка	27
6.4.2 Статистическая заверка.....	29

6.5	Выводы.....	30
6.6	Рекомендации по продолжению геологоразведочных работ	30
6.7	Рекомендации по построению геологических моделей.....	31
7	Горная часть.....	31
7.1	Введение.....	31
7.2	Вопросы проходки шахтных стволов.....	32
7.3	Потери полезного ископаемого.....	32
7.4	Разубоживание. Содержание полезных компонентов в товарной руде	33
7.5	Технология отработки запасов	33
7.6	Рекомендации по проведению исследований по горной части	34
7.7	Оценка эксплуатационных затрат	34
7.8	Оценка капитальных затрат	34
8	Технология переработки	34
8.1	Введение.....	34
8.2	Краткое описание технологической схемы.....	35
8.3	Комментарии SRK	35
8.4	Оценка эксплуатационных затрат	36
8.5	Оценка капитальных затрат	36
8.6	Рекомендации.....	36
9	Гидрогеология.....	37
9.1	Введение.....	37
9.2	Гидрогеологические условия	37
9.3	Гидрогеологическая изученность	39
9.4	Выводы.....	45
9.5	Рекомендации.....	45
10	Оценка ресурсного потенциала	45
10.1	Оценка бортового содержания	45
10.2	Ресурсный потенциал участка Поддубный.....	46
10.2.1	Анализ чувствительности	46
10.2.2	Коэффициент извлечения ресурсов.....	47
10.2.3	Анализ чувствительности	47
11	Сопоставление с другими месторождениями.....	47
12	Выводы	48
12.1	Оценка ограничений и преимуществ проекта	48
12.1.1	Геология	48
12.1.2	Горная часть	49
12.1.3	Гидрогеология.....	49
12.1.4	Технология переработки.....	50
12.2	Качество исходной информации	50
12.3	Ресурсный потенциал	51

13 Рекомендации51**Список таблиц**

Таблица 2-1: Географические координаты участка Поддубный	3
Таблица 3-1: Максимальные содержания минералов в рядовых пробах промышленных пересечений (%).....	6
Таблица 3-2: Основные компоненты солей на участках Нивенский-1 и -2.....	8
Таблица 4-1: Список скважин участка Поддубный	9
Таблица 4-2: Информация по скважинам участка Нивенский 1 и -2.....	9
Таблица 4-3: Общий объем запланированных исследований по 5 скважинам участка Поддубный	13
Таблица 6-1: Каталог используемых при оконтуривании скважин	16
Таблица 6-2: Распределение горизонтов по скважинам	20
Таблица 6-3: Атрибуты блочной модели	23
Таблица 6-4: Параметры эллипсоида поиска при интерполяции содержаний	25
Таблица 6-5: Определение объемной массы (плотности) породы по горизонтам	26
Таблица 6-6: Сравнение статистических параметров блочной модели и рядовых проб	29
Таблица 9-1: Средние фильтрационные свойства пород по данным опробований.....	40
Таблица 10-1: Ресурсный потенциал участка Поддубный по K ₂ O	46

Список рисунков

Рисунок 2-1: Обзорная карта района работ масштаба 1:200 000.....	4
Рисунок 4-1: Схема пробоподготовки.....	11
Рисунок 4-2 Сопоставление данных минерального состава по рентгенофазовому анализу и по данным пересчета	14
Рисунок 5-1: Структурная схема участка Поддубный	15
Рисунок 6-1: Площадь двух горизонтов участка Поддубный, выделенных SRK.....	21
Рисунок 6-2: Каркасы продуктивных горизонтов участка Поддубный, выделенные SRK	22
Рисунок 6-3: Геометрические параметры блочной модели	23
Рисунок 6-4: Интерполяция содержаний после первого прогона	24
Рисунок 6-5: Интерполяция содержаний после второго прогона	25
Рисунок 6-6: Интерполяция содержаний после третьего прогона.....	25
Рисунок 6-7: Визуализация содержаний K ₂ O по рядовым пробам и блочной модели	28
Рисунок 6-8: Визуализация содержаний K ₂ O в горизонтах блочной модели	28
Рисунок 6-9: Визуализация содержаний SO ₄ в горизонтах блочной модели	29
Рисунок 6-10: Положение планируемых скважин на участке Поддубный (№№3, 4, 5).....	30
Рисунок 9-1: Участок проектируемой отработки Поддубный (выделен сиреневым).....	39
Рисунок 9-2: Линия разреза.....	41
Рисунок 9-3: Разрез толщи солевых отложений по линии 1-1 [ТЭО Нивенский-1].....	42
Рисунок 9-4: Тектоническая схема участка работ	42
Рисунок 9-5: Схематическая карта фактического материала	43

Рисунок 9-6: Схематическая гидрогеологическая карта Калининградской области.....	44
Рисунок 10-1: Анализ чувствительности модели.....	46
Рисунок 11-1: Минеральные ресурсы калийных месторождений мира	47
Рисунок 11-2: Содержание полезного компонента по калийным месторождениям мира	48

Отказ от ответственности

Заключения, приведенные в настоящем отчете, основаны на информации, предоставленной в распоряжение SRK Consulting (Russia) Ltd. (SRK) ООО «Калининградская Калийная Компания» (Заказчик). Заключения, содержащиеся в настоящем отчете, представлены в ответ на специальный запрос Заказчика. SRK проанализировала предоставленную информацию со всей надлежащей тщательностью. Хотя специалисты SRK сопоставили предоставленные ключевые данные с ожидаемыми значениями, точность результатов и выводы всецело зависят от точности и полноты предоставленных данных. SRK не несет ответственности за какие-либо ошибки или пробелы в предоставленной информации и не принимает на себя какую-либо косвенную ответственность, возникающую из коммерческих решений или из действий, обусловленных такими решениями.

Заключения, представленные в настоящем отчете, относятся к условиям и особенностям, которые имели место на рассматриваемом объекте в момент выполнения исследований специалистами SRK, а также к условиям и особенностям, которые можно было разумно предположить. Эти заключения необязательно будут применимы к условиям и особенностям, которые могут возникнуть после подготовки настоящего Отчета и о которых специалистам SRK не было известно заранее или которые не было возможности оценить.

1 Исходная информация

На момент составления отчета по оценке инвестиционного потенциала месторождения Поддубное представлены следующие данные:

1. Паспорта скважин 1, 2, 3 и 4 Поддубного участка с порейсовой и послойной документацией;
2. Фото керна скважин Поддубного участка 1, 2, 3 и 4;
3. Данные ГИС в формате .las по данным скважин 1, 2, 3 и 4 Поддубного участка, включая инклинометрию;
4. Исходные данные гравиразведки;
5. Данные привязки скважин и отчет о проведенных топографических работах;
6. Электронная база данных по результатам опробования керна скважин 1 и 2 Поддубного участка со скан-копиями протоколов аналитических исследований и информационной запиской о результатах и объемах работ;
7. Отчеты по проведенным геологоразведочным работам на сопредельных месторождениях Нивенское 1 и 2 («Разведочные работы на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-1, Багратионовский муниципальный район Калининградской области РФ», ОАО «Севзапгеология»; «Разведочные работы на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-2, Багратионовский муниципальный район Калининградской области РФ», ОАО «Севзапгеология»; «ТЭО постоянных разведочных кондиций с подсчетом запасов калийно-магниевых солей в пределах участков недр Нивенский-1 и Нивенский-2 в Калининградской области», 2018 г., ООО «СПб Гипрошахт»).
8. Договора с подрядными организациями на проведение геолого-разведочных работ на месторождении Поддубное: Бурение скважин силами ООО «НПО «Промгеология» (Договор № 12-20Э1 от 01.12.2020); Геологическое сопровождение буровых работ и составление ТЭО временных кондиций силами ООО «ИМП» (Договор № 01-12/2020 от 01.12.2020); Выполнение топогеодезических работ силами ИП «Сыромахо Даниил Викторович» (Договор № 3-РД/2020 от 16.12.2020, СРО-И-050-23102020); Комплекс геофизических исследований и работ в скважинах на Поддубном участке силами АО «Калининградгеофизика» (КГФ) (Договор № 01-К от 01.02.2021); Аналитическое исследование проб калийно-магниевых солей участка недр Поддубный Калининградско-Гданьского соленосного бассейна силами АО «ЦНИИГеолнеруд» (Договор № 370/21 от 15.03.2021, аттестат аккредитации RA.RU.21ЦГ02 от 9.11.2015); Литолого-минералогические и минералого-петрографические исследования соленосных пород верхнепермских отложений по керновому материалу оценочных скважин участка недр Поддубный Калининградско-Гданьского соленосного бассейна силами АО «ЦНИИГеолнеруд» (Договор № 393/21 от 12.04.2021, аттестат аккредитации RA.RU.21ЦГ02 от 9.11.2015); Проведение внешнего геологического контроля силами ФГБУ «ВИМС» (Договор № 271/21 от 21.09.2021, аттестат аккредитации RA.RU.21ГП11 от 9.03.2017); Проведение гидрогеологических изысканий силами ООО «Калининградская гидрогеология» (Договор № ГГ.07.21.ККК/КГ от 22.07.2021).

По представленным материалам можно отметить, что на момент составления отчета непосредственно на месторождении Поддубное силами ООО «Калининградская Калийная Компания» завершено бурение 4 поисково-оценочных скважин, по состоянию на 29.10.2021 г. начато бурение 5-й скважины:

- Поддубная 2 глубиной 1203 м. На всю глубину скважины выполнены ГИС (стандартный каротаж (ИК); ПС; радиоактивный каротаж (ГК, 2ННК, ГГКп); кавернометрия (профилеметрия); инклинометрия; СГК (по галогенной толще); АКЦ. Отобраны пробы и выполнены следующие виды анализов: определение элементного состава (ХА с определением Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K , ппп, H_2O^- , н.о., Cl^- , SO_4^{2-} в водной и солянокислой вытяжках, металлы (V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb, As, Cd, Sb, Sc, Co)) – 203 пробы; Пересчет результатов химического анализа на вероятный соляной и минеральный состав – 203 пробы; ПКСА на 31 элемент (La, Ba, Be, As, Ca, Fe, Co, B, Sc, P, Pb, Sn, Mg, V, Ga, Mn, Ti, Nb, Cr, Ge, Al, Ni, Mo, Li, Zr, Cu, Zn, Sr, Ag, Si, Hg) – 203 пробы; радиационные испытания – 203 пробы; РКФА – 35 проб; минералого-петрографические исследования – 41 проба; физико-механические испытания: плотность и влажность – 41 проба.
- Поддубная 1, глубиной 1203 м. На всю глубину скважины выполнены ГИС (стандартный каротаж (ИК); ПС; радиоактивный каротаж (ГК, 2ННК, ГГКп); кавернометрия (профилеметрия); инклинометрия; СГК (по галогенной толще); АКЦ. Отобраны пробы и выполнены следующие виды анализов: определение элементного состава (ХА с определением Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K , ппп, H_2O^- , н.о., Cl^- , SO_4^{2-} в водной и солянокислой вытяжках, металлы (V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb, As, Cd, Sb, Sc, Co)) – 175 проб; пересчет результатов химического анализа на вероятный соляной и минеральный состав – 175 проб; ПКСА на 31 элемент (La, Ba, Be, As, Ca, Fe, Co, B, Sc, P, Pb, Sn, Mg, V, Ga, Mn, Ti, Nb, Cr, Ge, Al, Ni, Mo, Li, Zr, Cu, Zn, Sr, Ag, Si, Hg) – 175 проб; радиационные испытания – 10 проб; РКФА – 10 проб. Направлены в лаборатории пробы на проведение внутреннего (12 проб) и внешнего (12 проб) геологического контроля. Направлены в лабораторию 77 проб на изучение физико-механических свойств и минералого-петрографических исследований.
- Поддубная 3, глубиной 1203 м. На всю глубину скважины выполнены ГИС (стандартный каротаж (ИК); ПС; радиоактивный каротаж (ГК, 2ННК, ГГКп); кавернометрия (профилеметрия); инклинометрия; СГК (по галогенной толще); АКЦ. Отобраны и направлены в лабораторию пробы на следующие виды анализов: определение элементного состава (ХА с определением Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K , ппп, H_2O^- , н.о., Cl^- , SO_4^{2-} в водной и солянокислой вытяжках, металлы (V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb, As, Cd, Sb, Sc, Co)) – 110 проб; пересчет результатов химического анализа на вероятный соляной и минеральный состав – 110 проб; ПКСА на 31 элемент (La, Ba, Be, As, Ca, Fe, Co, B, Sc, P, Pb, Sn, Mg, V, Ga, Mn, Ti, Nb, Cr, Ge, Al, Ni, Mo, Li, Zr, Cu, Zn, Sr, Ag, Si, Hg) – 110 проб; радиационные испытания – 10 проб; РКФА – 10 проб.
- Поддубная 4, глубиной 1203 м. На всю глубину скважины выполнены ГИС (стандартный каротаж (ИК); ПС; радиоактивный каротаж (ГК, 2ННК, ГГКп); кавернометрия (профилеметрия); инклинометрия; СГК (по галогенной толще); АКЦ. Отобрано и направлено в лабораторию на следующие виды анализов: определение элементного состава (ХА с определением Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K , ппп, H_2O^- , н.о., Cl^- , SO_4^{2-} в водной и солянокислой вытяжках, металлы (V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb, As, Cd, Sb, Sc, Co)) – 142 пробы; пересчет результатов химического анализа на вероятный соляной и минеральный состав – 142 пробы; ПКСА на 31 элемент (La, Ba, Be, As, Ca, Fe, Co, B, Sc, P, Pb, Sn, Mg, V, Ga, Mn, Ti, Nb, Cr, Ge, Al, Ni, Mo, Li, Zr, Cu, Zn, Sr, Ag, Si, Hg) – 142 пробы; радиационные испытания – 10 проб; РКФА – 10 проб.

Получен отчет о проведенных топо-геодезических работах и топоплан с расположением буровых скважин с необходимой привязкой в плане и по высоте. Получено оперативное гидрогеологическое заключение с характеристикой основных водоносных горизонтов, водозащитной толщи и возможности хозяйственно-питьевого водоснабжения будущего предприятия. Получен отчет о проведенных гравиразведочных работ на месторождении Поддубное.

Последовательность работ, планируемых с целью разработки технологии переработки полиминеральной и полигалитовой руды участка недр Поддубный Калининградско-Гданьского соленосного бассейна с целью получения в качестве основного целевого продукта сульфата калия (K_2SO_4), предполагает соответствующую этапность.

Первый этап предполагает изучение (выявление) всех геолого-минералогических разновидностей полиминеральных калийно-магниевого пород участка Поддубный по керну поисково-оценочных скважин. В рамках данного этапа проводится анализ данных рядового

опробования и отбивка продуктивных пластопересечений. Критерием продуктивности пластов полиминеральной породы является мощность (не менее 1,20 м) и содержание полезных компонентов: K₂O (не менее 8%) или SO₄ (не менее 8%). Проводится изучение минералогическо-петрографического состава пород в составе продуктивных пластов, изучение вещественного состава и технологических свойств лабораторных проб, отобранных из ¼ керна на полную мощность соответствующего продуктивного слоя. Лабораторные пробы представительны для сульфатно-хлоридных калийно-магниевых пород каждого продуктивного пластопересечения конкретной скважины.

Второй этап работ включает собственно лабораторно-технологические исследования с целью разработки технологии переработки полиминеральной руды на сульфат калия. Проводится отбор малых минералогическо-технологических проб руды с учетом предварительной блокировки запасов и изучение вещественного состава и технологических свойств данных проб. По результатам изучения малых проб принимается решение о формировании лабораторно-технологических проб для непосредственной экспериментальной разработки технологической схемы (схем) обогащения и переработки полиминеральной руды. Формирование лабораторно-технологических проб предполагает выделение различных минералогическо-технологических типов, которое должно быть обосновано, во-первых, условиями залегания и возможностью селективной отработки; во-вторых, технико-технологическими факторами проектируемой лабораторно-технологической схемы (схем) обогащения.

Поскольку на месторождении Поддубное на данный момент не завершены геологоразведочные работы, основные выводы по горнотехническим, технологическим, гидрогеологическим и экономическим условиям сделаны исходя из архивных материалов по прилегающим участкам Невинский 1 и 2.

Методика проведенных на данный момент геологоразведочных работ соответствует необходимым стандартам JORC, а представленные на рассмотрение материалы позволяют предварительно оценить ресурсный потенциал, ограничения и преимущества проекта, а также разработать рекомендации по последующим работам на месторождении.

2 Общая информация

Участок недр «Поддубный» находится на административной границе Багратионовском района, Гурьевского городского округа и Гвардейского района Калининградской области. Он вплотную прилегает с севера к разведанным месторождениям калийно- магниевых солей «Нивенский-1» и «Нивенский-2».

2.1 Лицензии на недропользование

Участок недр «Поддубный» (площадь 95,4 км²) в соответствии с условиями лицензии на период геологического изучения имеет статус геологического отвода без ограничения по глубине. Участок недр ограничен угловыми точками со следующими географическими координатами:

Таблица 2-1: Географические координаты участка Поддубный

№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды
1	54	36	23	20	25	41
2	54	37	38	20	25	44
3	54	37	36	20	37	55
4	54	36	26	20	44	52
5	54	33	08	20	43	23

№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды
6	54	33	55	20	38	45
7	54	32	23	20	35	45
8	54	33	48	20	34	56
9	54	34	25	20	35	45
10	54	36	08	20	34	37

Координаты исключаемых областей:

№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды
Участок недр местного значения, лицензия КЛГ 02234 ВЭ (водозабор)						
1	54	36	16	20	37	32
2	54	36	И	20	37	17
3	54	35	56	20	37	12
4	54	36	04	20	37	29

Район работ расположен северо-западной окраине Восточно-Европейской равнины, на юго-восточном побережье Балтийского моря (Рисунок 2-1).

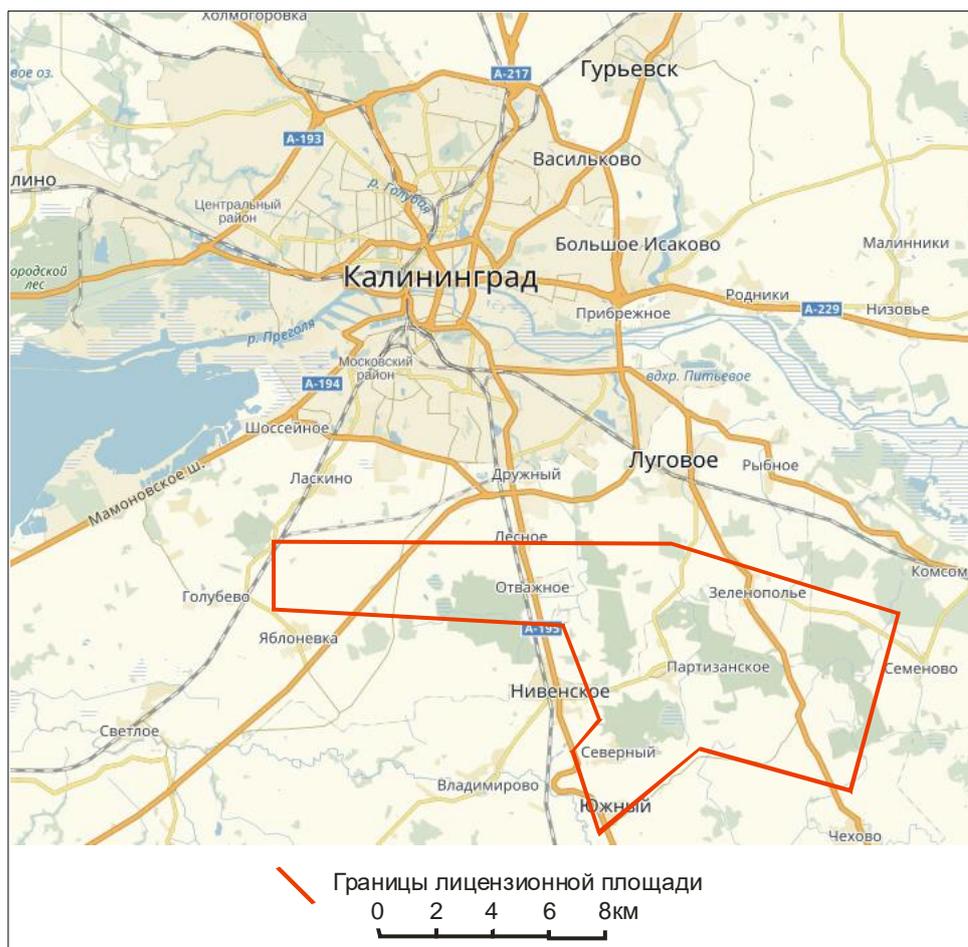


Рисунок 2-1: Обзорная карта района работ масштаба 1:200 000

Рельеф района характеризуется чередованием обширных равнинных и низменных пространств с отдельными холмисто-грядовыми возвышенностями. Абсолютные отметки отдельных

холмов, имеющих различную величину и конфигурацию, достигают 60-85 м, относительные превышения – 25-30 м.

3 Геология

3.1 Геологическое строение месторождения

Калининградско-Гданьский соленосный бассейн расположен на северо-восточной окраине Польско-Литовской впадины, являющейся восточным окончанием огромного Средне-Европейского соленосного бассейна.

Породы Польско-Литовской впадины сложены лагунно-морскими образованиями пермской системы, которые не выходят за ее пределы. Эти отложения со стратиграфическим перерывом (полностью отсутствуют отложения карбона, нижней и средней перми) и с угловым несогласием залегают на отложениях девона или силура и, в свою очередь, несогласно (перерыв в позднеатарское время) перекрываются отложениями триаса.

Основные структурные элементы осадочного чехла Калининградско-Гданьского бассейна тесно связаны со структурами поверхности кристаллического фундамента и разделяющими их разрывными нарушениями. В южной части данного бассейна по подошве отложений верхней перми прослеживается Мамоновский прогиб с выделяемой в его пределах Нивенской впадиной, включающей в себя разведанные месторождения Нивенское-1 и Нивенское-2, а также участок недр Поддубный. Поскольку все три участка недр образуют единое месторождение, то для привязки литологического, химического и минерального состава пластов используются данные скважин, пробуренных в пределах Нивенской впадины, помимо скважин, пройденных непосредственно на участке Поддубный.

Калийно-магниевые соли, залегающие в виде пластов или прослоев различной мощности в толще каменной соли прегольской свиты, соответствуют завершающим стадиям галогенеза нижнего цехштейна. Как и во многих других солеродных бассейнах (например, Припятском, Прикаспийском), определяющим в размещении калийно-магниевых солей является структурный фактор. Наибольшее количество калиеносных горизонтов и их максимальная мощность обычно фиксируется к интенсивно прогибавшимся частям конседиментационных депрессий, характеризующимся также наиболее полным и соленасыщенным разрезом галогенных формаций.

Многочисленными исследованиями месторождений калийных солей показано, что наибольшее количество их отлагалось во впадинах рельефа. Кроме того, во впадины рельефа стекали рассолы, имеющие более тяжелый удельный вес и обогащенные калием. Скорее всего, имело место и сползание по склону неконсолидированных осадков. Следы последнего процесса являются размыты в основании рудных слоек и их складчато-оползневая текстура. Причем эти текстуры фиксируются только в «склоновых» скважинах и полностью отсутствуют в скважинах «понижений».

3.2 Морфология залежи

Об условиях залегания и морфологии залежи на участке Поддубный можно судить по четырем скважинам, расположенным непосредственно на участке, а также на по данным скважин на прилегающих месторождениях Нивенский-1 и Нивенский-2. На месторождении Поддубное калийно-магниевые соли локализируются в средней и верхней частях толщи каменной соли в составе пачки, представленной чередованием преобладающей каменной соли и подчиненных и более тонких прослоев калийных солей различного минерального состава. Эта пачка прослеживается в разрезе соляной толщи по всем буровым скважинам и имеет пологое

падение к юго-западу. В целом залегание пачки калийно-магниевых солей согласно с соляной толщей. Вертикальная мощность меняется в пределах от 2 до 20 м (средняя 12 м), максимальная мощность фиксируется в центральной части площади развития калиеносной пачки и приблизительно совпадает с локальным раздувом толщи каменной соли (200-215 м).

Выполненные на Нивенской площади профильные сейсморазведочные работы МОГТ позволили в значительной степени уточнить структуру верхнепермской галогенной формации. Многочисленными исследованиями месторождений калийных солей показано, что наибольшее количество калийных солей отлагалось во впадинах рельефа. Кроме того, во впадины рельефа стекали рассолы, имеющие более тяжелый удельный вес и обогащенные калием. Скорее всего, имело место и сползание по склону неконсолидированных осадков. Следями последнего процесса являются размывы в основании рудных слоев и их складчато-оползневая текстура. Причем эти текстуры фиксируются только в «склоновых» скважинах и полностью отсутствуют в скважинах «понижений». На основании этих наблюдений можно заключить, что наиболее приемлемое направление для геологически обоснованной экстраполяции мощности рудного тела является направление изогипс отражающего горизонта II.

В пределах пачки переслаивания локализуются промышленные тела калий-магниевых солей (руд).

3.3 Минеральный состав руд

Минеральный состав сырых солей определялся методом пересчета результатов химических анализов и производился в ИОНХ НАН РБ (на месторождениях Нивенский-1 и Нивенский-2) и в ЦНИИгеолнатур (г. Казань) на месторождении Поддубное и месторождениях Нивенский-1 и Нивенский-2. Набор минералов руд в общем довольно однообразный: галит (42%), карналлит (37%), каинит (13%), кизерит, сильвин и прочие минералы (8%). Максимальные содержания минералов показаны ниже (Таблица 3-1). Аналогичный минеральный состав наблюдается и в шлифах, с фиксированием довольно сложной и неоднократной кристаллизации породы (процессы высаливания и др.).

Таблица 3-1: Максимальные содержания минералов в рядовых пробах промышленных пересечений (%)

Галит	Каинит	Карналлит	Кизерит	Сильвин	Полигалит	Бишофит
99,0	89,0	99,5	78,48	49,19	98,2	61,28

При микроскопических петрографических исследованиях выяснено, что преобладающая масса пород продуктивной толщи разрезов участка Нивенский-1 сложена мелко-, среднезернистой породой, состоящей из минерала галита с вкрапленностью кизерита, ангидрита, полигалита, иногда каинита, сильвина и карналлита.

Участок Нивенский-2 сложен мелко-, среднезернистой породой, состоящей из минерала галита с вкрапленностью кизерита, ангидрита, полигалита, иногда каинита, сильвина и карналлита. Так, называемые «седиментационные» ритмы (галит-ангидрит или галит-галопелит) в разрезах этих скважин отсутствуют. Ритмы состоят из нижнего тонкого галопелитового прослойчика, прослоя крупнозернистого, а затем мелко-, среднезернистого галита. В большинстве других скважин скопления галита не образуют такую систему.

Галит продуктивной толщи характеризуются мелкозернистой и разнозернистой размерностью. Размеры единичных мелкозернистых кристаллов галита обычно колеблются в пределах 1-2 мм, иногда кристаллы вытянуты по слоистости. В ядрах они образуют с тонкими прослоями минералов кизерита или полигалита горизонтальные слои небольшой мощности (2-20 мм).

Минеральной примесью в галите обычно является пелитовый материал, полигалит, реже кизерит и ангидрит, редко доломит. Они часто ассоциируются с межзерновым галопелитовым материалом или с рассеянным пелитовым материалом, находящимся внутри зерен галита. Присутствие в тонких слоях примеси полигалита в галите может достигать до 15%. Особенности агрегатов кристаллов полигалита является их частое присутствие в виде захваченной твердой фазы в жидких включениях, образовавшихся во время кристаллизации зерна галита. Включения ангидрита имеют более крупные размеры, длина кристалликов достигает 0,8 мм.

Карналлит распространен в породах в виде отдельных слоев и пятнообразной массы.

В отдельных слоях он слагает зерна размером от 0,5-2,0 мм до 15 мм: это часто извилистые сложной формы образования. Границы зерен четкие, ровные, и они плотно соприкасаются друг с другом.

В пятнообразных массах карналлит часто ассоциирует с кизеритом и каинитом. В первом случае, в зависимости от его количества, он или выполняет пространство между субидиоморфными зернами кизерита, или зерна кизерита рассеяны между зернами карналлита. Во втором случае карналлит находится или в сростках с четко ограниченными кристаллами каинита, или последний находится в зерне карналлита. При этом отмечается явное замещение карналлита каинитом в виде твердых микровключений.

Кизерит чаще всего неравномерно распространен в породе в виде рассеянной сгустковой вкрапленности или оторочек вокруг зерен других минералов в виде мелких кристалликов (0,1-0,2 мм), иногда образуя более крупные (0,2-0,8 мм) таблитчатого или призматического облика. Нередко он образует тонкие прослой из плотных кристаллически-зернистых или скрытокристаллических агрегатов в подошве отдельных слоев той или иной породы.

Каинит слагает средне-, крупнозернистые минеральные агрегаты сложной, часто извилистой формы. Размер зерен в них колеблется от 0,3 до 5,0 мм. Каинит присутствует в породе также в виде отдельных, различной величины четко ограниченных кристаллов таблитчатого и короткопризматического облика. В этих случаях он нередко образует сростки с карналлитом, кизеритом и сильвинитом. Кристаллы каинита часто замещаются агрегатами кристаллов полигалита. Мельчайшие кристаллики каинита встречаются в многофазовых микровключениях в виде минерала-узника.

Сильвин обычно сложен ксеноморфными зернами и часто занимает пространство между другими породообразующими минералами, такими как галит, карналлит, каинит и др. Кроме того, он частый представитель твердых микровключений кубической формы в галите, и, реже, в карналлите.

Описанные минералы, на основании тех или иных их сочетаний, и создают отмечаемые множества пород в продуктивной толще участка Нивенский-1. Общей особенностью состава галогенных отложений участка по материалам разведочных скважин является преобладание в них, во-первых, мелкозернистой каменной соли, во-вторых, весьма малые концентрации галопелитового материала.

Химический состав калий-магниевого солей, вскрытых различными буровыми скважинами, различается, в общем, незначительно и приведен ниже (Таблица 3-2).

Таблица 3-2: Основные компоненты солей на участках Нивенский-1 и -2

Содержание, %				
K2O	Mg	SO ₄	Na	Ca
10,86	8,95	7,96	13,54	0,18

Содержание прочих металлов, фиксируемых эмиссионным спектральным методом, в сырых солях совершенно незначительны.

Вариация минерального состава от скважины к скважине довольно высокая. Разрезы пачки переслаивания каменной и калийно-магниевых солей показывают существенные различия в составах последних. В разрезе по скважине Стриктум 15 среди калийно-магниевых солей преобладают каинитовые и галит-каинитовые породы (по классификации, принятой на Прикарпатских месторождениях), тогда как калийно-магниевые соли, вскрытые скважиной 2 Стриктум и Подлесное №2, представлены существенно кизеритовыми разновидностями, близкими к хартзальцу Германии. Калийно-магниевые соли в разрезах скважины 7 Бугрино имеют промежуточный состав, каинит в них превалирует над кизеритом, постоянно присутствует сильвин. Характерны значительно более высокие концентрации карналлита.

4 Объем и методика геологоразведочных работ

4.1 История геологоразведочных работ

Первоначально основные геологические исследования недр были нацелены на изучение нефтеносности и угленосности территории Калининградской области.

Первые галогеновые отложения были вскрыты в 1950е годы в структурных скважинах. Специализированные поисковые работы на калийные соли в пределах Калининградской области впервые были поставлены в 1976 г. Общими геологическими предпосылками для их постановки явилась принадлежность тупикового солеродного бассейна Калининградской области к крупному Западно-Европейскому калиеносному бассейну, в пределах которого на территории, главным образом, Германии разрабатываются многочисленные залежи калийных солей.

В 2007 году были проведены первые работы на калийно-магниевые соли. Всего с 2007 по 2014 гг. на участке Нивенский была пробурена 21 скважина с отбором технологических проб. По результатам бурения на участках Нивенский-1 и Нивенский-2 были подсчитаны запасы категории С1 и С2.

4.2 Бурение

Геологоразведочные скважины проходятся вертикально. Бурение ведется без керна до кровли пермских отложений, в среднем до глубины 1010 метров, далее с отбором керна по пермским отложениям. Выход керна составляет не менее 90% по галогенной толще и не менее 80% по надсолевым отложениям. Диаметр бурения составляет 96 мм при диаметре керна 89 мм. В качестве промывочной жидкости применяются специальные гель-полимерные концентрированные солевые растворы.

На момент написания отчета на участке Поддубный запланировано бурение 5 скважин, из которых полностью пробурены и опробованы скважины 1 и 2, скважины 3 и 4 пройдены и в них проведен комплекс ГИС, скважина 5 находится в проходке. Общая информация по скважинам представлена в таблице ниже.

Таблица 4-1: Список скважин участка Поддубный

Скважина	Полное наименование скважины	X	Y	Z	Глубина
Поддубный					
1	DH_№1POD	340797	1195190	31.29	1203
2	DH_№2POD	340556	1197086	29.12	1203
3	DH_№3POD	343305	1195842	27.19	1203
4	DH_№4POD	341924	1197513	30.61	1203
5	DH_№5POD	336196	1195506	14,75	Бурение в процессе

Помимо скважин участка Поддубный, SRK получила информацию по данным бурения на соседней лицензионной площади. Ниже представлен список скважин с данными аналитики, полученными непосредственно по данным опробования керна.

Таблица 4-2: Информация по скважинам участка Нивенский 1 и -2

Скважина	Полное наименование скважины	X	Y	Z	Глубина
Нивенский 1					
DH_№1	1 Стриктум	338178.8	1190491	17.33	1201
DH_№2	2 Стриктум	339624.2	1191992	23.53	1198.4
DH_№4	4 Стриктум	341124.9	1186780	14.73	1200.5
DH_№3	РПС 3	341152.3	1192372	31.32	1200
DH_№14	14 Стриктум (1 Северо-Нивенская)	339184.5	1194775	32.934	1149.3
DH_№15	15 Стриктум (4 Поддубное)	342789.5	1187740	19.29	1150
DH_№16	16 Стриктум (1 Партизанская)	342351	1193584	32	1112.6
DH_№17	17 Стриктум (Южно-Калининградская)	337947.1	1191440	9.33	1173.9
DH_№18	18 Стриктум (7 Бугрино)	341047.7	1191047	26.88	1155
DH_№20	20 Стриктум	338798.9	1189656	9.32	1200.55
Нивенский 2					
DH_№5	5 Стриктум	331586.3	1200155	33.8	1209.8
DH_№6	6 Стриктум	333510.7	1195399	23.27	1200.5
DH_№8	8 Стриктум	334224.6	1200023	25	1200.9
DH_№10	10 Стриктум	335812.8	1199727	22.16	1200.5
DH_№7	7 Стриктум	337098	1196774	19.95	1200
DH_№9	9 Стриктум	336540.4	1201693	26.87	1200.65
DH_№11	11 Стриктум	336037.1	1195880	22.32	1180
DH_№12	12 Стриктум (45 Гвардейская)	331541.6	1197448	28.72	1206.5
DH_№13	13 Стриктум	332820.6	1204644	29.78	1215.6

4.3 Геофизические исследования в скважинах

Комплекс ГИС по отложениям включает в себя:

- электрокаротаж КС и ПС (кажущееся сопротивление) двумя зондами;
- кавернометрию (КМ);

- гамма (ГК) и гамма – гамма плотностной (ГГКп) каротаж;
- инклинометрию через 10 м (ИН);
- акустический каротаж по скорости (АК);
- нейтронно–нейтронный каротаж (2ННК);
- термический каротаж (ОЦК).

Комплекс ГИС по соленосным отложениям дополнительно включает в себя:

- спектральный гамма-каротаж (СГК)

4.4 Геологическая документация керна

Документация керна производится в соответствии с общепринятым в индустрии стандартом «Атлас структур и текстур галогенных пород СССР». Наименование соляных пород дается по количественной оценке содержания породообразующих минералов.

Данные геологического описания керна были представлены в виде журнала первичной документации. SRK отмечает, что описание керна ведется в текстовом виде, что является принятой практикой в России, однако для последующей работы с информацией в электронном виде в современных программных продуктах такой вариант ведения документации является не оптимальным. В международной практике более распространен вариант ведения документации в закодированном виде. Ввиду того, что для целей сдачи результатов ГРП по внутренним российским стандартам требуется документация в текстовом виде, то документацию в закодированном виде рекомендуется вести в дополнение к имеющейся документации.

4.5 Опробование керна

Опробование производится после выполнения каротажа скважины и увязки глубин залегания литологических слоев по описанию керна и данным каротажа.

Интервалы для рядового опробования выделялись на основании данных ГК, СГК, 2ННК и кавернометрии. С этой целью был выделен по данным ГК, СГК и 2ННК заведомо безрудный галитовый интервал в верхней части соляной пачки, по которому по las-файлам рассчитывался фон (поскольку шаг каротажа 5 см, то даже для небольших интервалов галита образуется достаточное количество наблюдений для расчета фона) по каждой скважине отдельно. Далее производилась выборка 3*фон (соответствует карналлитовым рудам) и 2*фон (соответствует каинит-кизеритовым рудам), по которым размечались интервалы опробования.

Отбор рядовых проб из керна буровых скважины производился настольным вертикальным станком ЭНКOP Корвет-242 путем высверливания канала вдоль его оси сверлом по камню URAGAN Ф13х150мм. Пробы отбирались послойно, а по однородным участкам керна – секционно с длиной секций:

- по каменной соли от – 0,2 м до 2 м
- по калийно-магниевым солям – от 0,1 до 0,4 м

После отбора каждой пробы сверло и емкости очищались во избежание заражения проб.

Полученный порошок просеивался, тщательно перемешивался и квартовался на делителе ДП-5 до лабораторной навески 30-40 г, оставшийся материал шел в дубликат пробы для последующего геологического контроля и отбора групповых проб.

Все пробы (лабораторные и дубликаты) упаковывались в герметичные пластиковые пакеты, в каждый пакет вкладывалась этикетка, содержащая наименование номер скважины, интервал, массу и наименование породы.

SRK отмечает, что метод высверливания в качестве методики опробования был выбран согласно Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Соли. ГКЗ 2007. данный способ опробования применялся для корректного сопоставления данных с историческими скважинами на южном фланге месторождения, которые были опробованы аналогичным образом.

4.6 Пробоподготовка

При планировании схемы пробоподготовки использовалось значение коэффициента $k=0.1$, что соответствует принятой практике, основанной на опыте работ по калийным месторождениям СССР. Схема приведена на рисунке ниже.

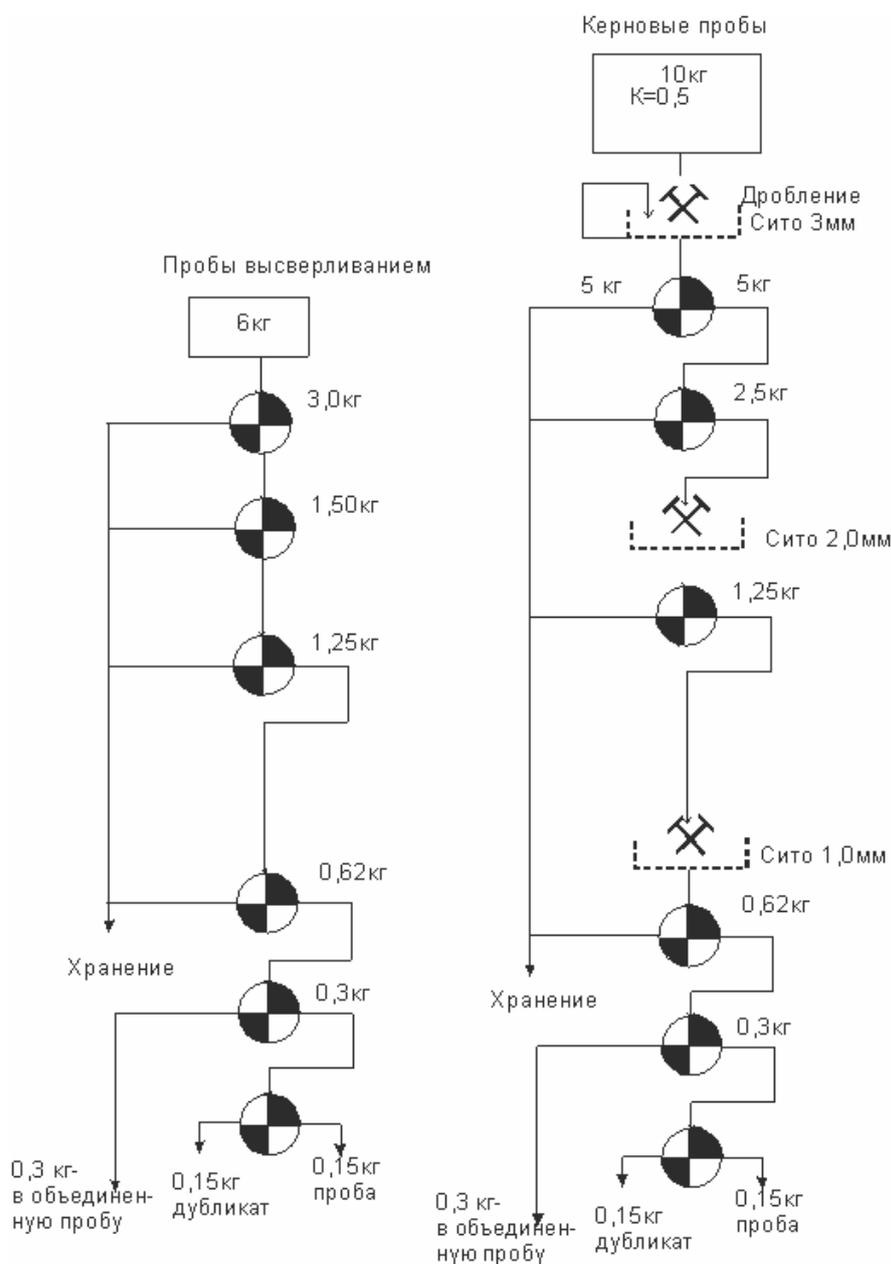


Рис.3.3Схема обработки проб

Рисунок 4-1: Схема пробоподготовки

4.7 Аналитические исследования

Анализы рядовых проб проводятся по договору «Аналитическое исследование проб калийно-магниевого участка недр Поддубный Калининградско-Гданьского соленосного бассейна силами «ЦНИИГеолнеруд» АО» (Договор № 370/21 от 15.03.2021, аттестат аккредитации RA.RU.21.02 от 9.11.2015).

Химическим способом соляные породы разведочных скважин были проанализированы путем получения из них водных и кислотных вытяжек. Кроме того, в растворах определялись водорастворимые вредные тяжёлые элементы (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Cd, Sb, Cs, Pb, Br). Результаты анализов приведены в % к весу проанализированной породы и в мг-экв. Спектральным полуколичественным анализом в галогенных породах проводилось определение 33 элементов (La, Ba, Be, As, Cs, Fe, Co, B, Se, P, Pb, Sn, Mg, V, Ga, Mn, Ti, Nb, Cr, Ge, Mo, Pd, Li, Cu, Yb, Na, Y, Zn, Sr, Hg, Si, Ag).

Определение анионов SO_4^{2-} осуществлялись весовым методом, при осаждении их $BaCl_2$ и анионов Cl^- титриметрическим методом, используя в качестве титранта $Hg(NO_3)_2$ и $AgNO_3$; определение CO_2 проводилось методом кислотно-основного титрования, определение форм H_2O проводилось методом потерь при нагревании и прокаливании породы до определенных температур (60° и $550^\circ C$); катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ – методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (спектрометр Optima 2000 DV), пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрометр Квант-АФА) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (спектрометр Elan-9000). Содержание тяжелых и вредных элементов определялось методом масс-спектрометрии (спектрометр Elan-9000).

Для полуколичественного определения 33 элементов использовался метод полуколичественного химического атомно-эмиссионного спектрального анализа (ПКСА) на приборе ДФС-8. Водонерастворимый остаток определялся весовым методом при постепенном нагреве и растворении в соляной кислоте, с последующим фильтрованием, отделением кислотонерастворимого остатка от фильтрата и прокаливанием его при $105^\circ C$.

Рентгенографический анализ был проведен методом порошка на дифрактометре D8 Advance (фирма Bruker) с использованием монохроматизированного $CuK\alpha$ -излучения в режиме пошагового сканирования (шаг – $0,05^\circ 2\theta$, время экспозиции в точке -1 сек.), интервал съемки – $3-65^\circ 2\theta$. Препараты готовились путем запрессовки порошка исследуемого материала в стандартную дисковую кювету из кварцевого стекла; во время съемки препарат вращался в собственной плоскости со скоростью 60 об/мин. Режим работы рентгеновской трубки – 40 кВ, 30 мА. Расчет значений межплоскостных расстояний дифракционных рефлексов производился автоматически по программе EVA, входящей в комплект математического обеспечения дифрактометра. Идентификация кристаллических фаз осуществлялась путем сопоставления полученных экспериментальных значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей с эталонными.

Обработка полученных химико-аналитических результатов осуществлялась путем пересчета их на минеральный состав.

4.8 Внутренний и внешний контрольный анализы

На внутренний и внешний контроль планируется отбор 50 образцов. Внешний контроль будет осуществляться силами ФГБУ «ВИМС» (Договор № 271/21 от 21.09.2021 аттестат аккредитации RA.RU.21.11 от 9.03.2017).

Отобрано и направлено в лаборатории по 12 проб на внутренний и внешний контроль, результаты на момент написания отчета не получены.

4.9 Определение вещественного состава руд

Минеральный состав сырых солей определялся методом пересчета химических анализов и производился в ИОНХ НАН РБ и в ЦНИИГеолнеруд (г. Казань). Результаты расчета минерального состава скважин 1 и 2 месторождения Поддубное были представлены SRK в таблице «База_данных_анализы Поддубное_15.09.2021»

По 75 пробам планируется проведение рентгенографического количественного фазового анализа с целью контроля прогноза данных пересчета минерального состава. Минералогопетрографические исследования планируется провести на 72 шлифах.

Общий объем запланированных исследований по пяти скважинам участка Поддубный приведен в таблице ниже.

Таблица 4-3: Общий объем запланированных исследований по 5 скважинам участка Поддубный

№ пп	Метод	Поддубная 1	Поддубная 2	Поддубная 3	Поддубная 4	Поддубная 5 (план)
1	Подготовка проб к изучению вещественного состава	175	203	110	142	126 (план)
2	Определение элементного состава (ХА в водной и солянокислой вытяжках, металлы)	175	203	110	142	126 (план)
3	Пересчет результатов химического анализа на вероятный соляной и минеральный состав (по 10 соединений каждый)	175	203	110	142	126 (план)
4	ПКСА на 31 элемент	175	203	110	142	126 (план)
5	РКФА	10	35	10	10	10 (план)
6	Радиационные испытания	10	203	10	10	10 (план)
7	Химический анализ н.о. Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ (внешний контроль проб, прошедших внутренний контроль)	12		12 (план)	12 (план)	14 (план)
8	Химический анализ –н.о. Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ (внутренний контроль)	12		12 (план)	12 (план)	14 (план)
9	Изучение монолитов	77	41	54	54 (план)	55 (план)
10	Технологические испытания				1 (план)	

Пробы по скважинам Поддубная 3 и 4 находятся в работе в лаборатории.

На момент написания отчета получено 35 определений рентгенографического анализа. Данные по описанию шлифов (всего 21 шлиф) были получены только по второй скважине. SRK проанализировала данные по точкам отбора шлифов и данные описания шлифов и отмечает, что более 50% шлифов были отобраны за пределами основных горизонтов калийных солей и соответственно не информативны относительно их минерального строения.

По рентгенофазовому анализу SRK провела составление минерального состава относительно данных РКФА.

Результаты представлены на рисунке ниже.

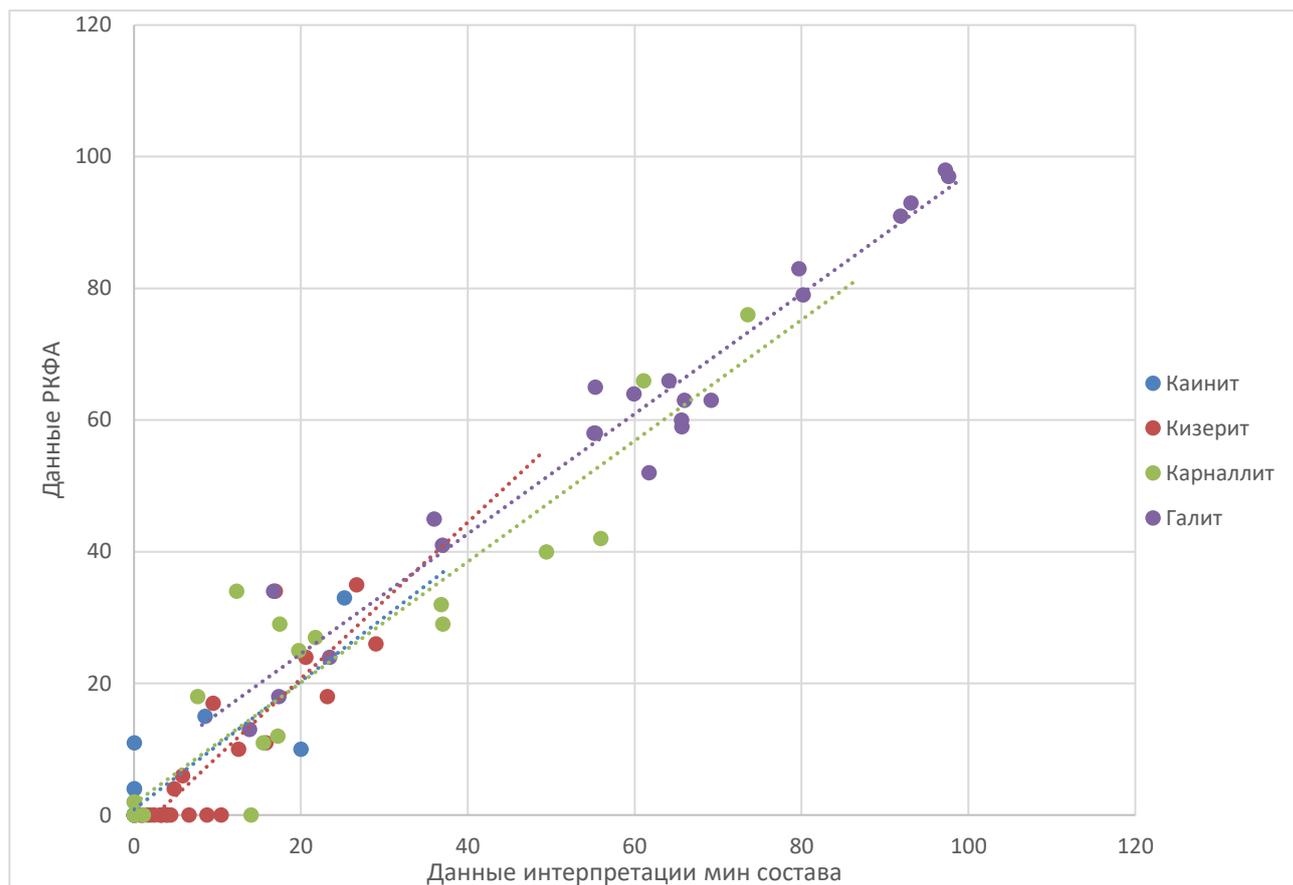


Рисунок 4-2 Сопоставление данных минерального состава по рентгенофазовому анализу и по данным пересчета

Согласно данным по минеральному составу основных калийных минералов, присутствующих в калийных пластах является карналлит и в меньшей степени каинит. Основным источником сульфата является кизерит и опять же в меньшей степени каинит.

4.10 Технологические исследования

На момент написания отчета технологические исследования по участку Поддубный проведены не были. Отбор проб для технологических исследований планируется после окончания бурения первых пяти скважин. Согласно Проекту геологоразведочных работ планируется отбор одной технологической пробы.

4.11 Физико-механические исследования

В рамках работ планируется отбор проб на физико-механические исследования путем отбора монолитов.

На момент написания отчета были готовы результаты исследования по пробам, отобранным только по второй скважине. Результаты включали данные исследований по определению объемного веса, влажности, акустических свойств и кинетики растворения.

4.12 Сохранность керна

После проведения проведения опробования керн упаковывается в вакуумную пленку во избежание набора влаги. Рядовые пробы упаковываются в полиэтиленовые пакеты, $\frac{1}{4}$ керна в вакуумную пленку

4.13 Выводы SRK

SRK отмечает, что методика проведения геологоразведочных работ на участке Поддубный по части бурения, исследования ГИС, опробования и аналитики соответствует международным стандартам ведения геологоразведочных работ.

Более детальная проверка качества проведенных исследований возможна после получения результатов внутреннего и внешнего контроля данных аналитики, полного набора данных описания шлифов, данных рентгенографического количественного фазового анализа.

4.14 Рекомендации

На данном этапе рекомендуется пересмотреть подход к выбору точек отбора шлифов и проводить их в соответствии с выделенными калийными горизонтами.

Также SRK рекомендует добавить в базу данных описание литологических разностей и минералогических разностей солей в закодированном виде.

5 Данные гравиразведки

В октябре 2018 года на участке Поддубный силами ООО «Джи М Сервис» была проведена гравиметрическая съемка. В задачи гравиразведки входило определение наличия контрастных аномалий и выявление благоприятных структурных критериев распространения мощных пачек К-Mg солей.

Результатом работ является построение структурной схемы участка (Рисунок 5-1). На участках выделены оси распространения ангидритовых валов и определены как перспективные структуры. Также в рамках линеamentного анализа было определено предполагаемое положение тектонических структур.



Рисунок 5-1: Структурная схема участка Поддубный

Все выявленные в рамках гравиметрической схемки структуры требуют заверки. Заверка потребует комплексирования данных сейсмических исследований и данных бурения.

При заверке тектонических структур бурением рекомендуется параллельно провести исследования на водопроницаемость структур.

Наличие ангидритовых валов говорит о наличии осложняющих структур, с которыми могут быть связаны случаи резкого увеличения мощности калийного горизонта или резкие изменения гипсометрии пластов.

6 Анализ геологической интерпретации и создание модели зоны минерализации

Основой геологической модели являются данные разведочного бурения, доступные на октябрь 2021 года. На основании предоставленной информации SRK создала геологическую модель участка Поддубный.

Расстояние до границ соседнего участка до истечения срока конфиденциальности архивных материалов позволяет использовать данные трех скважин участка Нивенский-1 и трех скважин участка Нивенский-2. По прочим архивным скважинам вблизи границы участка Поддубный отсутствует необходимая информация по привязке проб к конкретным рудным интервалам (в связи с низким выходом керна), либо имеются данные только по ГИС.

6.1.1 База данных

При построении блочной модели участка месторождения Поддубный использовалась база данных, содержащая информацию по скважинам колонкового бурения. Интерпретация проводилась по данным следующих скважин: скважины №1 и 2 по участку Поддубный, № ДН_14, ДН_15, ДН_16 по участку Нивенский-1, ДН_7, ДН_9, ДН_11 по участку Нивенский-2 (Таблица 6-1). В качестве дополнительной информации использовались данные по интерпретации положения калийных горизонтов по скважинам №3 и 4.

Таким образом, база данных для интерпретации состоит из 8 скважин общей глубиной 9400 м, отобраны 1063 пробы длиной 450 м.

По другим скважинам отсутствует необходимая информация: исторические скважины с низким выходом керна по продуктивной толще (20-80%) или данные по интерпретации калийных горизонтов, что затрудняет привязку проб к конкретному интервалу, либо отсутствует химическое опробование.

Таблица 6-1: Каталог используемых при оконтуривании скважин

Скважина	Полное наименование скважины	Комментарии
Поддубный		
1	1 Поддубная	
2	2 Поддубная	
3	3 Поддубная	Имеется только информация по интерпретации калийных горизонтов по ГИС
4	4 Поддубная	Имеется только информация по интерпретации калийных горизонтов по ГИС
Нивенский-1		
ДН_№14	14 Стриктум (1 Северо-Нивенская)	

Скважина	Полное наименование скважины	Комментарии
DH_№15	15 Стриктум (4 Поддубное)	
DH_№16	16 Стриктум (1 Партизанская)	
Нивенский-2		
DH_№7	7 Стриктум	
DH_№9	9 Стриктум	
DH_№11	11 Стриктум	

По скважинам Поддубная 3 и 4 были выполнены ГИС (стандартный каротаж (ИК); ПС; радиоактивный каротаж (ГК, 2ННК, ГГКп); кавернометрия (профилеметрия); инклинометрия; СГК (по галогенной толще); АКЦ. Эти данные также использовались при выделении двух горизонтов.

6.1.2 Выделение калийных горизонтов

Общая особенность всех соленосных отложений центральной части Нивенской впадины – наличие в них мелкозернистой каменной соли и весьма малые концентрации кислотонерастворимого остатка (пелитового материала). Первое говорит о быстрой и массовой кристаллизации галита, по-видимому, из высококонцентрированных по NaCl растворов в приповерхностных условиях, с быстрым их захоронением (без диагенетического дорастания), что характерно для мелководных бассейнов. Второе – об отсутствии на палеосуше возвышенностей, сложенных терригенным материалом, которые могли бы обеспечить снос последних водными потоками. Палеосуша восточного участка Среднеевропейского бассейна в процессе галогенной седиментации, вероятно, представляла собой низменные берега, сложенные по краям растворимыми сульфатно-натриевыми породами, переходящими вглубь континентальной зоны в ангидритовые. Вместе с тем поверхностный сток в солеродный бассейн, с переменным усилением или уменьшением, все же существовал, особенно в начальный период формирования соленосной толщи данного района. Об этом свидетельствуют поступления в садочный бассейн дополнительного сульфатного аниона совместно с небольшим количеством кальция, что обуславливало образование таких соляных минералов, как астраханит, тенардит, полигалит. Это привело к усложнению минерального состава отложившихся соляных пород в зоне подстилающей каменной соли.

Отсутствие обильного стока континентальных вод обусловило неполное метаморфизирующее воздействие их на рапу данного садочного бассейна, что привело к возникновению здесь сульфатно-хлоридной ветви седиментации. Поэтому формирование калийно-магниевых минералов соленосной части прегольской свиты закономерно начинается в виде их хлоридных составляющих, с отложением отдельных слоев сильвин-карналлитовой $KCl+KMgQ3xH2O+NaQ$ или просто карналлитовой породы ($K2MgCl3x6H2O+NaCl$). Только потом, с увеличением концентрации сульфатного аниона, калийно-магниева седиментация продолжалась с образованием каинитсодержащих пород ($KMg[SO4]Qx3H2O+NaQ$), имеющих примесь кизерита. Такая закономерность отмечается по всем проанализированным скважинам для калиеносных слоев.

Слои калийно-магниевых пород представляют собой чередование слойков и прослоев каменной соли, сложенных в основном минералом галитом, и различных калийно-магниевых пород, содержащих те или иные сообщества минералов. Они иногда отделяются от выше- и нижезалегающих прослоев каменной соли тонкими слойками кизерит- или пелит-галитового состава. Сближенные группы слоев калийно-магниевых пород объединены в пласты.

Выделение таких пластов в продуктивные осуществлялось при условии содержания в них калийных и калийно-магниевых минералов (карналлит, каинит, сильвин, бишофит, кизерит и

полигалит) не ниже 20%. Исключение было принято только для карналлита, основного предполагаемого компонента руды, его содержание в породе для включения в промышленный пласт было принято более 30%. Что же касается процентного средневзвешенного содержания кизерита в породе, то за критерий его промышленного применения было принято значение содержания сульфата магния, обычно учитываемое при переработке хартзальцевых руд, которое при округлении составило 12%. Другим критерием объединения слоев служит наличие минимальной мощности в 1,2 м хотя бы в одной из скважин профиля и нижнего значения геофизического параметра гамма-активности не ниже 8 ЭМДУ. Всего по этим критериям было выделено два продуктивных пласта.

Корреляция слоев внутри пласта осуществлялась, как правило, по основным минералам, с учетом присутствия в них второстепенных, т. к. количество их в одной скважине как примеси, в соседней – их количество увеличивалось, и они начинали составлять основную массу. Также корреляция пластов осуществлялась и по каротажным материалам на основании прослеживания кривых гамма-активности, характеризующихся постоянными признаками по простиранию. Дополнительным критерием выдержанности пласта по площади служило наличие в нем наименьшей изменчивости величин Cs/Ci коэффициента, характеризующего содержание в пласте калийно-магниевых и магниевых минералов, а также, в меньшей степени, Вг/Ci коэффициента, в связи с его изменчивостью из-за широко отмечаемой в соляных породах этой впадины вторичной перекристаллизации калийно-магниевых минералов. Ниже приводится описание выделенных пластов.

Нижний пласт 2 (hor 2) сложен преимущественно карналлитовой минерализацией. Наибольшее распространение карналлит имеет в центральной части участка (скважина №16, Поддубная 1), особенно в зонах повышенных мощностей пласта. Однако, если в скважине №16 это практически мономинеральная порода с содержанием до 90% карналлита, то в скважине №7 в верхах пласта появляется каинитовая составляющая, свидетельствующая о том, что в этой зоне седиментации начался привнос сульфатного аниона из промежуточных бассейнов. В районах скважин № 7 и 9 помимо присутствия каинита отмечается еще и кизерит, количество которого значительно увеличивается к кровле пласта, где вместо чисто карналлитовой породы присутствуют её кизерит-карналлитовые или кизерит-каинит-карналлитовая разности и чисто кизерит-каинитовая порода (скважина №9), т. е. поступление таких рассолов усилилось. Снижение мощности пласта на юге в районе скважины №16 до 2,09 м вероятнее всего обусловлено локальными изменениями интенсивности как прогибания конкретного участка дна седиментационного бассейна, так и проявлениями процесса рассолонаения садочной рапы.

Мощность пласта составляет в среднем 11,6 м, относительно выдержанная с со снижением в южной части до 1,2 м. Содержание K₂O в данном пласте составляет порядка 7,58%, содержание SO₄ – 4,91%.

Пласт 1 (hor 1) сложен карналлит-каинит-кизеритовой минерализацией. Повышенное содержание характерных только для заключительной эвапоритовой стадии минеральных разностей (карналлитовых и бишофит-карналлитовых) отмечается в южной части пласта (скважина №16), может говорить о существовании в этом районе в это время промежуточных (подготовительных) бассейнов, в которых морская вода могла приближаться к высоким стадиям концентрации. Поступая в район Нивенской впадины, эти рассолы в наиболее мелководных и удаленных тупиковых ее частях обуславливали выпадение данных соляных минералов.

Каинит-кизеритовая минерализация распространена в восточной, западной и северной частях.

Мощность пласта составляет в среднем 13,1 м, относительно выдержанная с со снижением на восток до 1,35 м. Содержание K₂O в данном пласте составляет порядка 6,92%, содержание SO₄ – 7,26%.

Междупластья представлены практически мономинеральными галитовыми породами мощностью более 5 м. Анализ мощностей отложившейся каменной соли показал, что это не связано с тектоническими условиями, то есть с локальными поднятиями участка. Реальное объяснение данному факту – возможный подток в эти районы рассолоняющих вод.

Особенно следует отметить район скважины №11, в котором происходит снижение мощностей горизонтов 1 и 2 до 1,6 и 1,2 м соответственно и в целом не типичный для остальной части площади минеральный состав, а именно наличие большого объема полигалитовой минерализации на глубине. Спектральные анализы показали присутствие в породах, содержащих полигалитовую минерализацию, несколько повышенное содержание таких микроэлементов, как Ti, Ni, Mn, Pb и Ag, которые полностью отсутствуют в породах коррелируемых с ними карналлит-содержащих пластов по данным расположенных рядом скважин. Эти малые элементы часто мигрируют в водах с палеосуши. Однако, попадая в солеродный бассейн, они обычно осаждаются вблизи береговой линии в виде плохо растворимых сульфатных соединений или сорбируются глинистыми минералами. Нахождение данных элементов за пределами этих геохимических барьеров свидетельствует о наличии не поверхностного, а другого источника поступления вод в галогенную толщу. Таким источником могут быть подземные воды, мигрирующие по зонам повышенной трещиноватости над разломами фундамента, установленными на данной территории по результатам гравиразведочных работ. Они и обуславливали перенос данных элементов из подсолевых отложений в соленосные. Одни из таких вод - мигрирующие приконтурные воды нефтяных месторождений, содержащие в себе такие микроэлементы, как Ni, Cu, Ag, Pb, Mn, Ti и др. Воды, содержащие упомянутые микроэлементы в водорастворимых соединениях, попадая в соленосную толщу, оказываются в других геохимических условиях и, в зависимости от своей химической формы миграции, испытывают на себе влияние или сульфатных, или хлоридных составляющих галогенных пород, осаждаясь в них и повышая таким образом, в тех или иных местах, свою локальную концентрацию. Наличие в полигалитовых и полигалитсодержащих породах вышеперечисленных элементов, а также обычное их присутствие в водах нефтяных месторождений позволяет сделать предположение о возможной связи этих подсолевых вод с образованием зон замещений в районе скважины №11, вторичной полигалитизации и лангбейнитизации калийно-магниевого пластов. О том, что эти мигрирующие воды были связаны с нефтяными водами, свидетельствует также установление в керне из нижней части соляного разреза скважины №11 четкого запаха углеводородов и наличие в крупнокристаллическом, явно перекристаллизованном галите из каменной соли жидких включений микроскопических капелек нефти.

Таким образом на месторождении возможно проявление участков резкого снижения мощности калийной толщи, которая может быть приурочена к участкам развития тектонически разломов. Данные участки требуют дополнительного изучения и локализации.

6.1.3 Обоснование параметров оконтуривания

На базе представленной информации по пластам SRK отмечает необходимость их объединения в более крупные горизонты. Для объединения предлагаются следующие кондиции:

- содержание K₂O более 5,8%;
- минимальная мощность рудного прослоя 1,2 м (по горнотехническим условиям);
- для оконтуривания рудных прослоев мощностью менее 1,2 м, руководствоваться метропроцентом 6,96% по K₂O;
- максимальная мощность пустого прослоя не более 5 м;
- междупластье более 5 м.

В таблице ниже (Таблица 6-2) показано итоговое распределение горизонтов, а также мощность безрудных прослоев, включенных в них.

Таблица 6-2: Распределение горизонтов по скважинам

Скважина	SRK горизонты + пустые прослой	От	До	Содержание K ₂ O, %	Содержание SO ₄ , %	Мощность горизонта, м
1	1	1054	1066	5.61	12.23	12
	10.7м					
	2	1076.7	1086.15	6.24	4.66	9.5
2	1	1051.55	1071.7	4.41	9.39	20.2
	8.96м					
	2	1080.66	1092.49	6.05	4.78	11.8
DH_№7	1	1057.98	1075.94	6.17	6.7	18.0
	5.69м					
	2	1081.63	1104.25	6.76	5.8	22.6
DH_№9	1	1107.15	1108.5	10.1	8.97	1.35
	6.05м					
	2	1114.55	1124.36	6.65	7.22	9.8
DH_№11	1	1095.6	1097.2	5.09	18	1.6
	27.75м					
	2	1124.95	1126.15	7.02	24.54	1.2
DH_№14	1	1089.66	1095.51	6.14	8.62	5.85
	7.19м					
	2	1102.7	1120.15	7.55	4.09	17.5
DH_№15	1	1089.64	1094.1	6.2	15	4.4
	5.2м					
	2	1099.3	1110.63	6.16	2.65	11.3
DH_№16	1	1042.58	1079.39	6.57	2.69	36.8
	5.37м					
	2	1084.76	1086.85	15.73	1.22	2.1
3	1	1030.9	1038.5	-	-	7.6
	8.2м					
	2	1046.7	1066.9	-	-	20.2
4	1	1035.7	1059.65			23.9
	13.4м					
	2	1073.05	1083.85	-	-	10.8

SRK отмечает, что внутри каждого горизонта имеются пустые галитовые прослой, которые на данном этапе были объединены с калийными прослоями ввиду их малой мощности, а также ввиду невыдержанности данных прослоев.

6.1.4 Каркасная модель

Как описано в главе выше, на основе базы данных выделено два продуктивных горизонта: hor1 и hor2 (Рисунок 6-1 и Рисунок 6-2). На базе данных горизонтов SRK построила каркасные модели горизонтов с использованием программного обеспечения Leapfrog Geo.

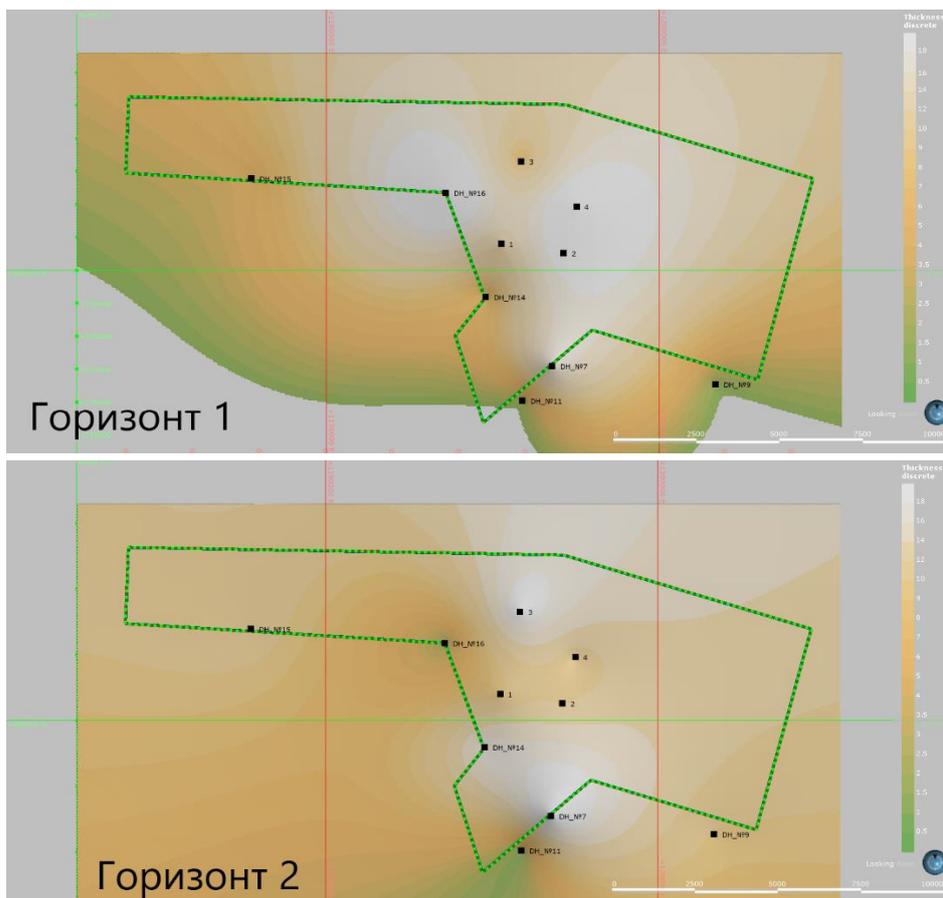
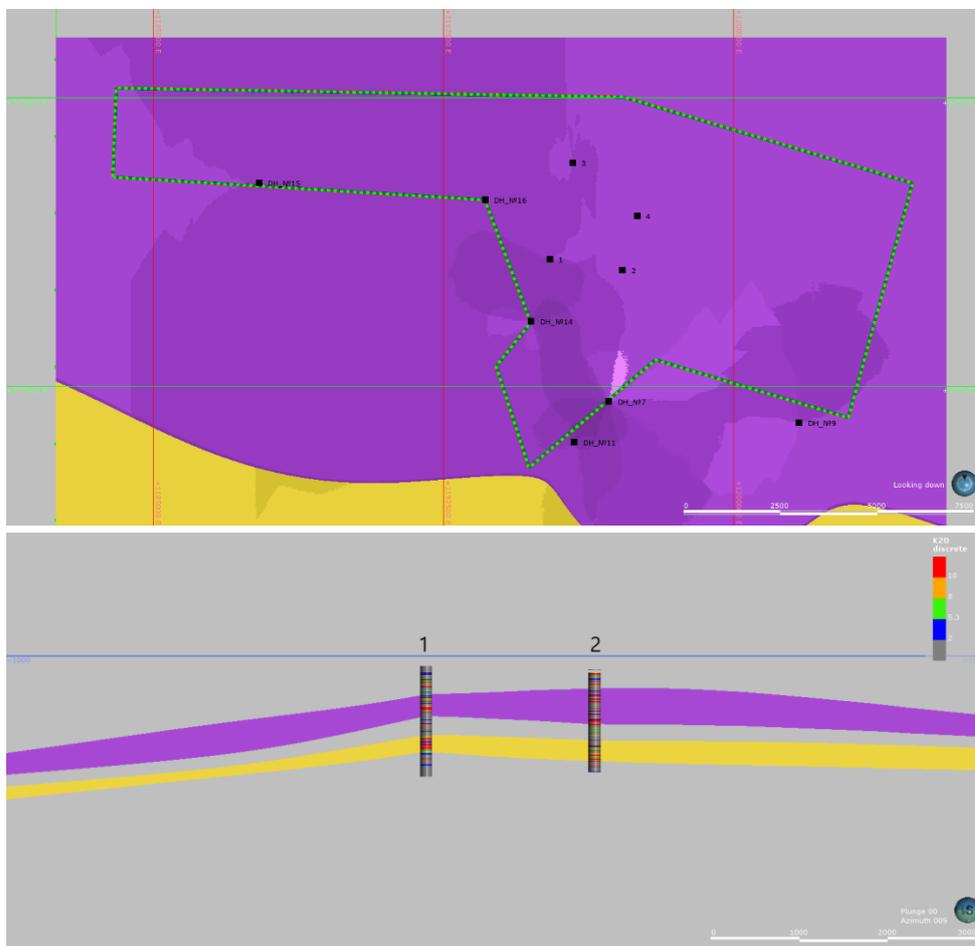


Рисунок 6-1: Площадь двух горизонтов участка Поддубный, выделенных SRK



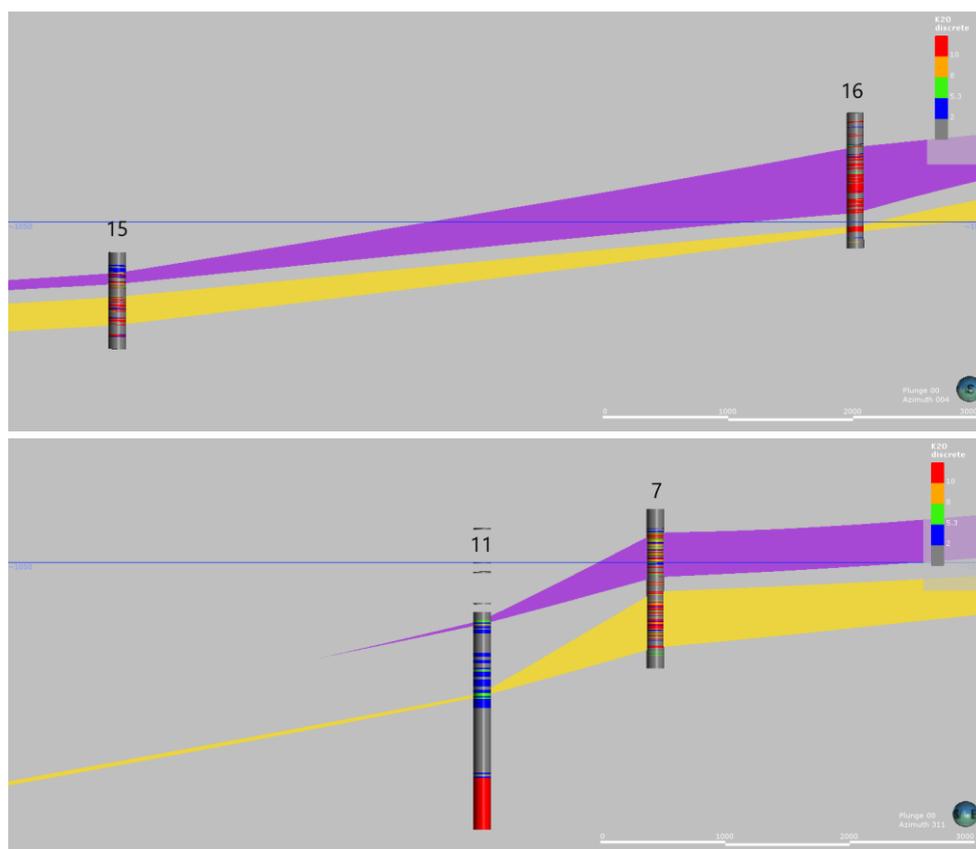


Рисунок 6-2: Каркасы продуктивных горизонтов участка Поддубный, выделенные SRK

6.2 Блочная модель

Для выбора оптимальных параметров интерполяции, к которым относятся размеры блока и субблока, форма и ориентация поискового эллипсоида, минимальное и максимальное количество проб, количество прогонов и т. д., был проведен анализ на базе всех имеющихся данных. При этом были проанализированы основные статистические параметры интерполяции.

6.2.1 Размер блока

Параметры блочной модели приведены на рисунке ниже (Рисунок 6-3). Размер материнского блока составил 100*100*1 м; минимальный размер субблока 4*4*0,1 м, что отражает небольшую мощность пластов.

Рисунок 6-3: Геометрические параметры блочной модели

После создания блочной модели всем блокам были присвоены атрибуты в соответствии с таблицей ниже (Таблица 6-3).

Таблица 6-3: Атрибуты блочной модели

Имя поля	Расшифровка поля
EAST	Координаты центра блока
NORTH	
RL	
_EAST	Размер блока, (м)
_NORTH	
_RL	
Exlc_lic	Идентификатор попадания блока в границу лицензии excl_licence: «Unknown» - в строке, «OUT» - вне строки
licence	Идентификатор попадания блока в границу лицензии licence: «Unknown» - в строке, «OUT» - вне строки
GM2	Распределение блоков по двум горизонтам
K ₂ O	Содержание K ₂ O, %
SO ₄	Содержание SO ₄ , %
SG	Объемная масса, г/см ³
hor 1	Идентификатор попадания блока в горизонт 1: «1» - в горизонте, «0» - вне горизонта
hor 2	Идентификатор попадания блока в горизонт 2: «1» - в горизонте, «0» - вне горизонта

6.2.2 Размер поискового эллипса

Анизотропия системы и размеры осей поискового эллипса обычно основываются на вариографии и шаге разведочной сети. Для того, чтобы в прогон попали пробы минимум из двух скважин, ранг первой структуры главной оси выбран равным 3000 м: при данном радиусе поиска в интерполяции будет участвовать достаточное количество данных для достоверной оценки среднего содержания в блоке.

Принятые параметры эллипсоида приведены в таблице ниже (Таблица 6-4).

6.2.3 Построение композитов

Для более корректной оценки содержаний использовались композиты на всю мощность горизонтов. Визуальное положение композитов по горизонтам показано на рисунках в главе визуальная оценка (Рисунок 6-7). Параметры композитов – содержания и мощности – показаны в таблице выше (Таблица 6-2).

6.2.4 Интерполяция содержаний оксида калия и серы

Для интерполяции содержаний в блочную модель SRK использовала метод обратных расстояний (IDW).

Сводные параметры интерполяции содержаний приведены в таблице ниже (Таблица 6-4).

Интерполяция осуществлялась отдельно по каждому горизонту. Использовались композиты, построенные на всю мощность пересечения калийного горизонта, соответственно интерполировались средние содержания на пересечение. Веса по мощности пересечения при интерполяции не применялись. Параметры интерполяции приведены в таблице ниже (Таблица 6-4).

При первом прогоне заполняется 40% модели (Рисунок 6-4), при втором – 90% (Рисунок 6-5). Прогон 3 был выполнен с целью интерполяции содержаний в удаленные блоки (Рисунок 6-6).

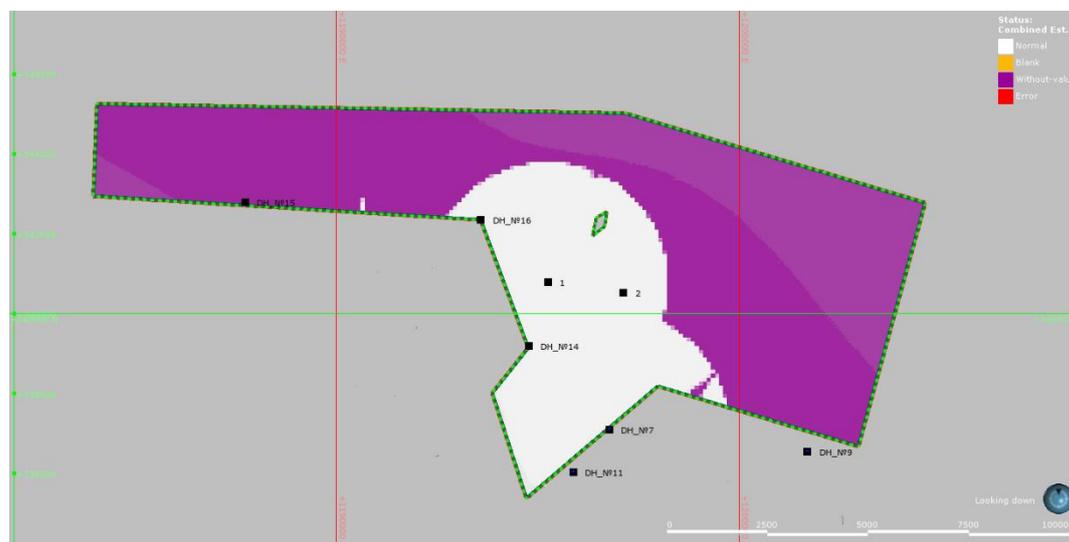


Рисунок 6-4: Интерполяция содержаний после первого прогона

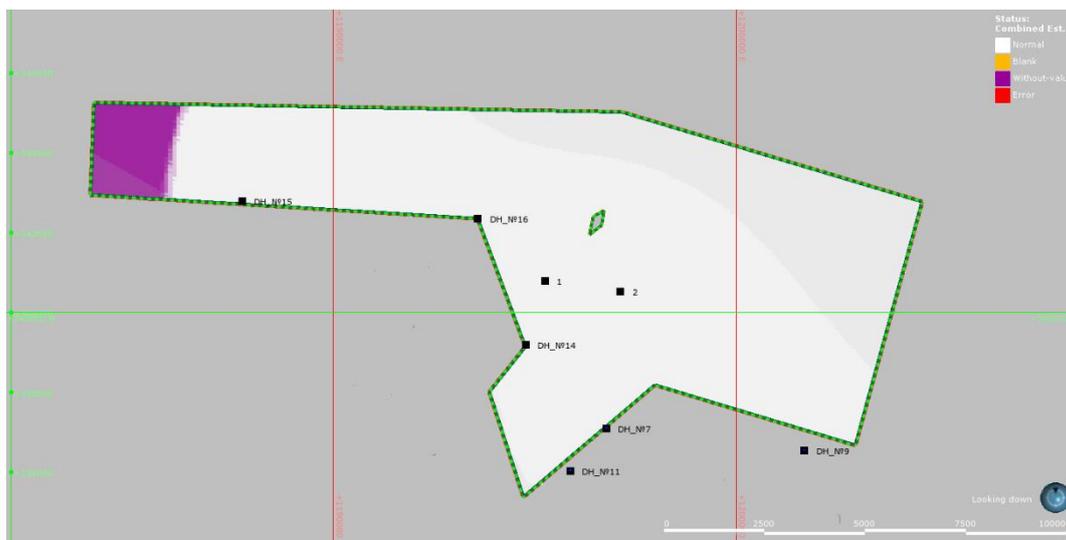


Рисунок 6-5: Интерполяция содержаний после второго прогона

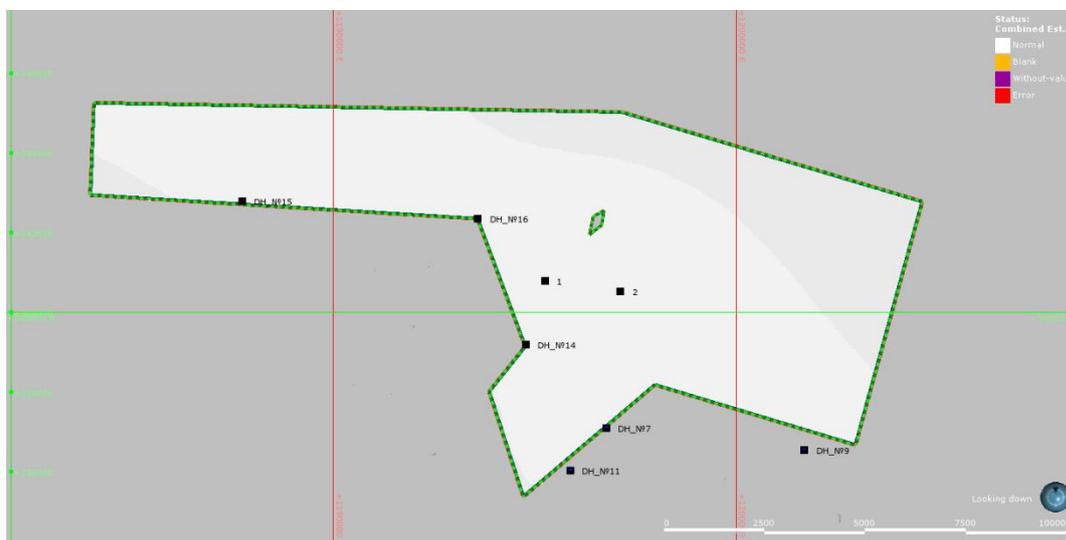


Рисунок 6-6: Интерполяция содержаний после третьего прогона

Таким образом, SRK получила оценку содержаний полезного компонента в блочной модели, отражающую характер распределения содержаний внутри пластов.

Таблица 6-4: Параметры эллипсоида поиска при интерполяции содержаний

Прогон	Расстояние по оси 1, м	Расстояние по оси 2, м	Расстояние по оси 3, м	Мин. число проб	Макс. число проб
1	3000	3000	100	2	6
2	8000	8000	100	2	4
3	12000	12000	100	1	2

6.3 Объемная масса в модели

Для определения объемной массы SRK использовала переданную Заказчиком записку о результатах работ, выполненных за 2018 год и за 9 месяцев года по участку Поддубный. В ней приведены протоколы лабораторно-технических испытаний для определения объемной массы в 41 пробе галогенных пород участка Поддубный по скважине №2. Из них SRK выделила пробы, относящиеся к двум продуктивным горизонтам (Таблица 6-5).

Таблица 6-5: Определение объемной массы (плотности) породы по горизонтам

Горизонт	Шифр пробы	№ лабораторный	Глубина отбора, м	Наименование породы	Плотность, г/см ³	Среднее значение плотности, г/см ³	Средняя объемная масса для гор
1	2-14	201905025	1050.80	Гипс-галитовая порода	2.17	2.15	2.04
		201905027			2.16		
		201905028			2.15		
	2-15	201905029	1054.40	Кизерит-галитовая порода	2.17	2.16	
		201905030			2.16		
		201905031			2.15		
	2-16	201905032	1057	Галит-карналлитовая порода	1.64	1.67	
		201905033			1.67		
		201905034			1.69		
	2-17	201905035	1061.45	Галит-бишофит-карналлитовая порода	1.67	1.96	
		201905036			2.10		
		201905037			2.10		
	2-18	201905038	1061.5	Гипс-галитовая порода	2.15	2.15	
		201905039			2.15		
		201905040			2.15		
	2-19	201905041	1063.2	Кизерит-галитовая порода	2.19	2.19	
		201905042			2.19		
		201905043			2.20		
	2-20	201905044	1064.7	Галит-кизеритовая порода	2.32	2.39	
		201905045			2.40		
201905046		2.44					
2-21	201905048	1067.3	Гипс-кизерит-галитовая порода	2.16	2.16		
	201905049			2.16			
	201905050			2.17			
2-22	201905051	1068.3	Гипс-кизерит-карналлитовая порода	1.78	1.77		
	201905052			1.77			
	201905053			1.78			
2-23	201905054	1070.45	Гипс-кизерит-ангидрит-галитовая порода	2.16	2.16		
	201905055			2.16			
	201905056			2.16			
2-24	201905057	1071.4	Кизерит-карналлит-галитовая порода	1.69	1.69		
	201905058			1.66			
	201905059			1.71			
2	2-29	201905072	1080.15	Гипс-кизерит-карналлит-галитовая порода	2.17	2.16	
		201905073			2.16		
		201905074			2.17		
	2-30	201905075	1083.25	Галит-кизерит-сульвинитовая порода	2.35	2.31	
		201905076			2.30		
		201905077			2.29		
	2-31	201905078	1090.6	Бишофит-каинит-карналлитовая порода	1.63	1.61	
		201905079			1.62		
		201905080			1.59		

Таким образом, объемная масса в блочной модели участка Поддубный для горизонта 1 составила 2.04 г/см³, для горизонта 2 – 2.13 г/см³.

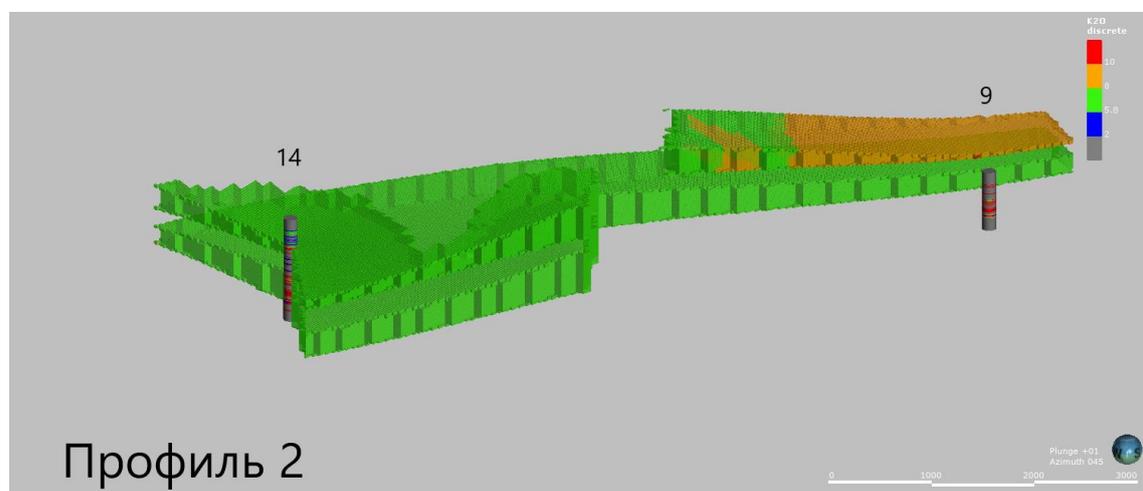
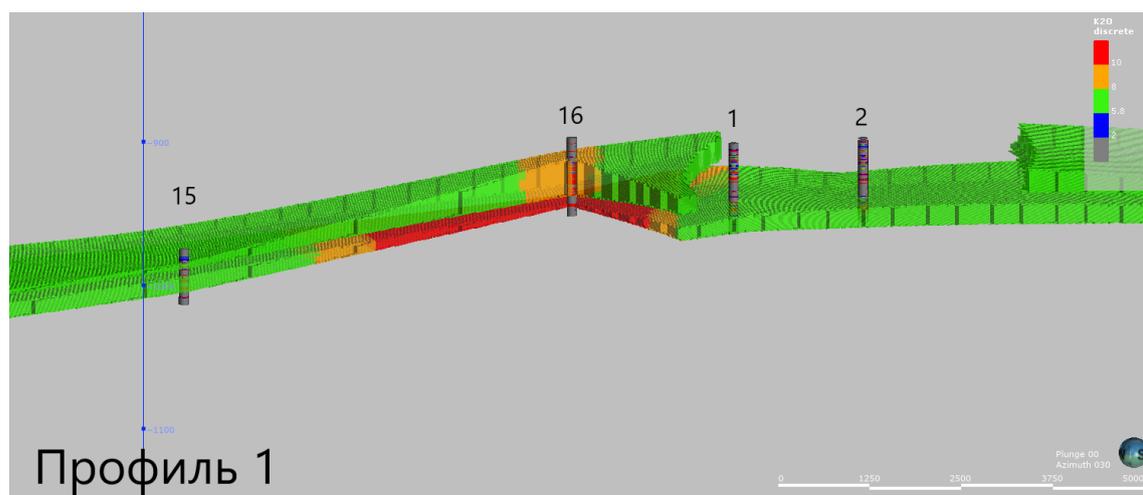
6.4 Заверка блочной модели

Компания SRK выполнила заверку блочной модели для подтверждения параметров оценки, проверки модели на представительность введенных данных в локальном и глобальном масштабах, а также для оценки погрешности вычислений. SRK выполнила заверку различными методами:

- визуальная заверка
- статистическая заверка.

6.4.1 Визуальная заверка

Визуальная заверка показывает, что характер распределения содержаний K_2O в блочной модели соответствует распределению K_2O в данных рядового опробования (Рисунок 6-7).



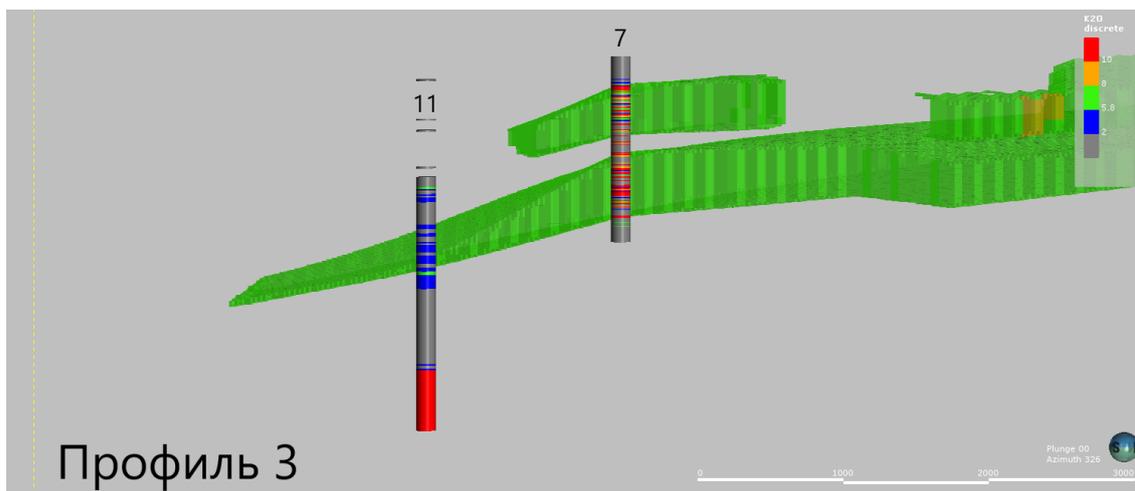


Рисунок 6-7: Визуализация содержаний K_2O по рядовым пробам и блочной модели
 Визуализация содержаний K_2O и SO_4 по горизонтам в блочной модели представлена на рисунках ниже (Рисунок 6-8 и Рисунок 6-9).

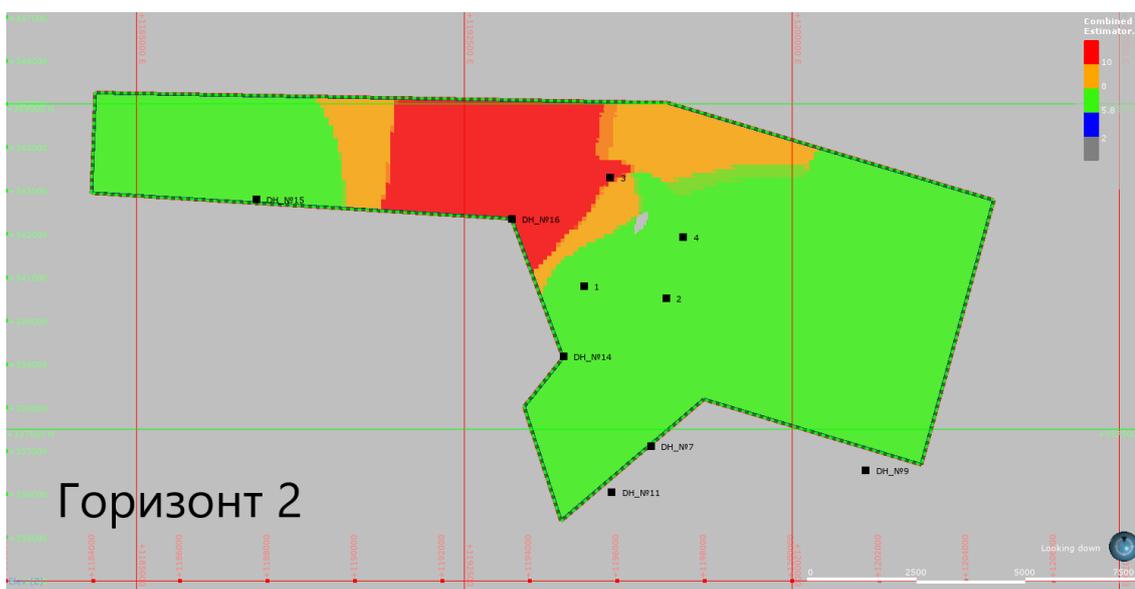
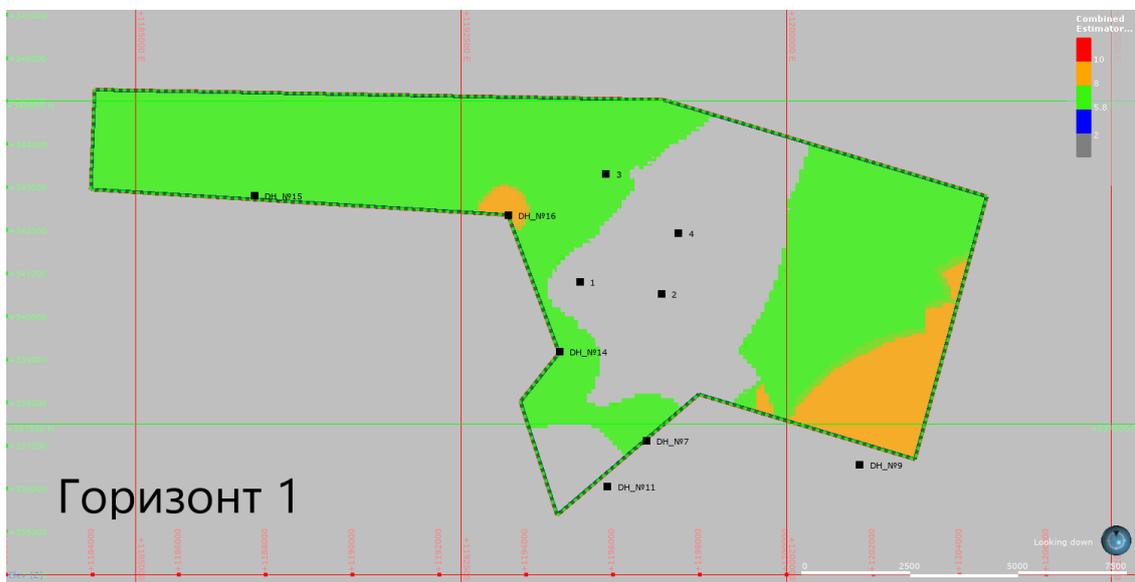


Рисунок 6-8: Визуализация содержаний K_2O в горизонтах блочной модели

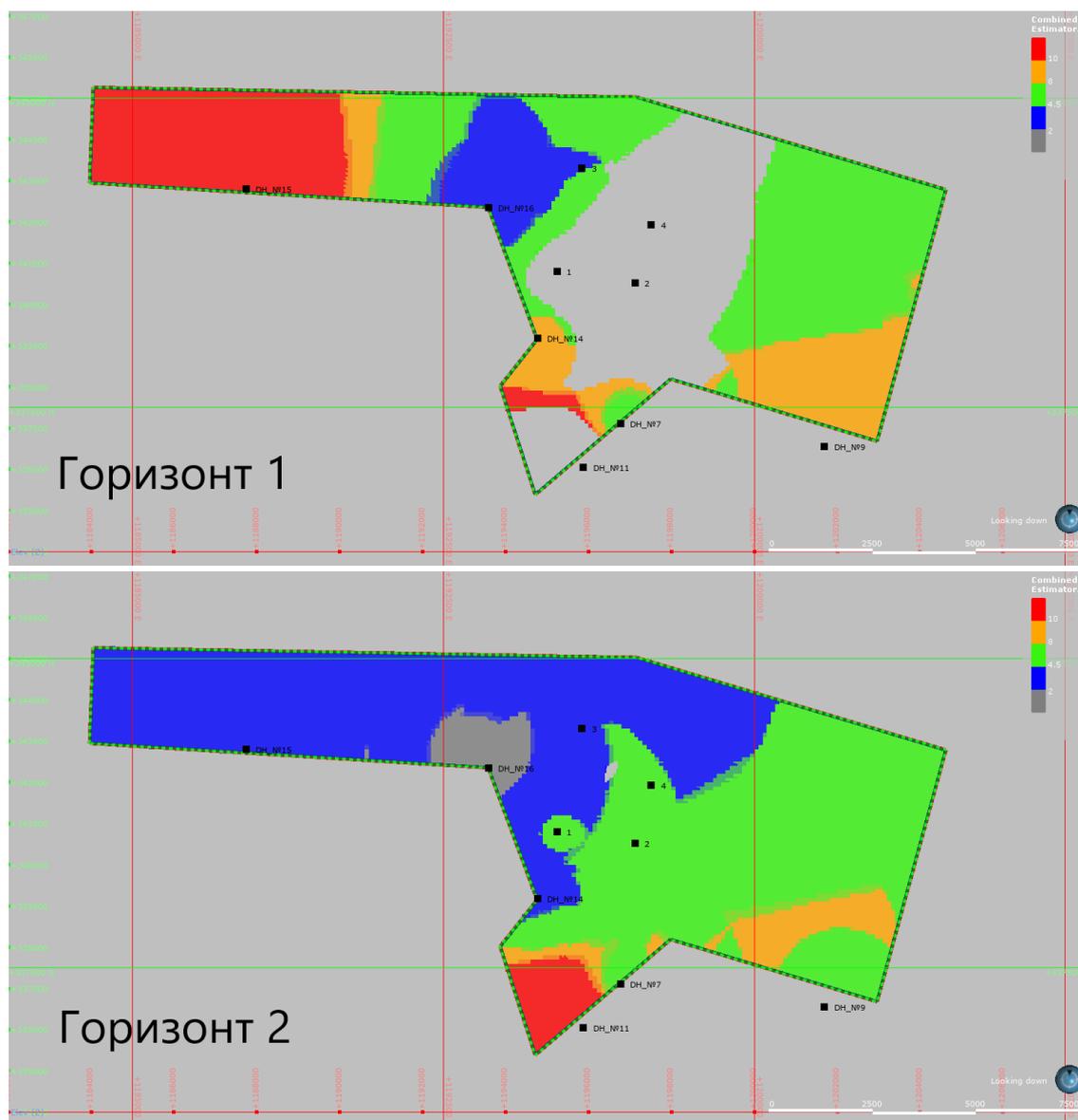


Рисунок 6-9: Визуализация содержаний SO_4 в горизонтах блочной модели

6.4.2 Статистическая заверка

Сопоставление среднестатистических содержаний основных компонентов показано в таблице ниже (Таблица 6-6).

Таблица 6-6: Сравнение статистических параметров блочной модели и рядовых проб

Элементы	K_2O (%)	SO_4
Горизонт 1		
Блочная модель	6,92	7,26
Рядовые пробы	6,31	6,01
Расхождение, %	9	20
Горизонт 2		
Блочная модель	7,58	4,91
Рядовые пробы	6,89	5,08
Расхождение, %	9	3

SRK отмечает, что результаты сопоставления дают довольно большое расхождение между данными по содержаниям, полученным по данным блочного моделирования, относительно данных по скважинам, что связано с неравномерностью распределения скважин на оцениваемом участке.

6.5 Выводы

На данном этапе была построена упрощенная модель калийных горизонтов участка Поддубный с использованием информации по скважинам, расположенным вблизи границ лицензии на участках Нивенский-1 и Нивенский-2. Интерпретация горизонтов была представлена Заказчиком и проверена SRK.

SRK отмечает заметные вариации в мощности пластов и качестве полезных компонентов на участке Поддубный. Выдержанность калийных горизонтов требует дополнительного изучения за счет сгущения сети.

Визуальная и статистическая проверка показывают, что модель соответствует исходным данным аналитики.

Визуализация содержаний K_2O и SO_4 показывает, что существует определенный дисбаланс в распределении содержаний этих элементов. В среднем участкам с более высокими содержаниями K_2O соответствуют участки с более низкими содержаниями SO_4 и наоборот.

По сложности геологического строения SRK отнесла бы участок к первой «б» категории.

6.6 Рекомендации по продолжению геологоразведочных работ

На момент составления отчета непосредственно на участке Поддубный силами ООО «Калининградская Калийная Компания» завершено бурение четырех поисково-оценочных скважин и по состоянию на 29.10.2021 начато бурение пятой скважины. Всего на оценочной стадии планируется бурение пяти скважин. Их расположение показано на рисунке ниже (Рисунок 6-10).

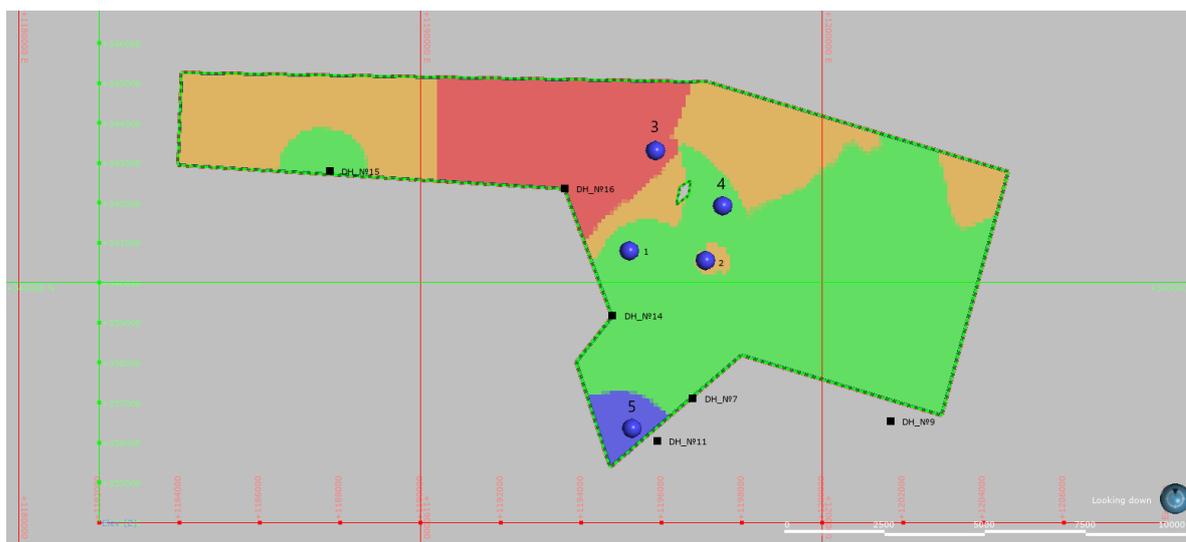


Рисунок 6-10: Положение планируемых скважин на участке Поддубный (№№3, 4, 5)

SRK согласна с сетью и положением планируемых скважин и с целью предварительной оценки запасов участка Поддубный.

После оценки запасов рекомендуется продолжить разведочные работы:

- Сгущение буровой сети (при условии проектирования минимально необходимого, но достаточного количества скважин с целью сокращения потерь запасов в окколскважинных целиках) и восстановление постоянной сети бурения на всей площади лицензионного участка с целью уточнения геологического и тектонического строения и гипсометрии пластов, а также повышения категоризации запасов. Рекомендуемая сеть на участке – 1200-2000 метров.
- Проходка 2-3 кустов сближенных скважин на расстоянии в пределах 50 метров с целью определения масштаба вариаций по содержанию и мощности на малых расстояниях и гипсометрии пластов.

6.7 Рекомендации по построению геологических моделей

После проведения детализированного бурения по густой сети необходимо будет выделить каждый калийный горизонт на базе минералогического состава. Интерполяция содрержаний в будущем должна быть проведена по каждому калийному пласту и галитовому пласту индивидуальным образом, и уже после этого пласты могут быть объединены в горизонты. Значения объемного веса должны быть присвоены каждому калийному и галитовому пласту индивидуально на базе данных исследования на объемный вес.

Все структурные элементы должны быть учтены в модели.

7 Горная часть

7.1 Введение

На участке Поддубный на данной стадии геологоразведочных работ исследования по горной части не проводились, они запланированы на разведочный этап после определения проектного расположения шахтных стволов и проходки контрольно-стволовых скважин. Соответственно SRK провела анализ исследований по горной части для соседних участков Нивенский-1 и -2. Предполагается, что решения по горной части, принятые по соседней площади, могут быть аналогичными тем, которые могут быть приняты при обработке участка Поддубный.

При анализе подходов к вскрытию участка Поддубный, технологий, потерь и качественных показателей руды рассмотрены два основных документа:

- «Разведочные работы на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-1 «Багратионовский муниципальный район» Калининградской области, РФ», 2014 г. ОАО «Севзапгеология».
- «ТЭО постоянных разведочных кондиций с подсчетом запасов калийно-магниевых солей в пределах участков недр Нивенский-1 и Нивенский-2 в Калининградской области», 2018 г., ООО «СПб Гипрошахт».

Следует отметить, что наиболее приближенным к реальности является второй документ.

Факторы, осложняющие ведение горных работ и оказывающие влияние на вскрытие и технологию горных работ.

К основным факторам, осложняющим ведение горных работ и влияющим на все процессы горного производства от строительства объекта до его эксплуатации относятся:

- Наличие водоносных горизонтов над продуктивными пластами;
- Однозначная необходимость предотвращения неорганизованных водопритокков в рудник, необходимость сохранения сплошности массива над продуктивной толщей;
- Значительная глубина горных работ – 1150-1200 м;
- Относительно высокая температура массива в местах ведения горных работ (прогнозная температура массива 30-31°C);

- Сближенное расположение пластов;
- Незначительная прочность минералов, слагающих пласты полезного ископаемого и вмещающих пород;
- Ожидаемые явления, выражающееся в пучении, пластичности или низкой длительной прочности продуктивных пластов и вмещающих пород.

7.2 Вопросы проходки шахтных стволов

В условиях участка Поддубный нет альтернативы подземному способу отработки, и таким же образом нет разумной альтернативы вскрытию месторождения вертикальными вертикальными стволами.

В соответствии с действующими нормативными документами по безопасности, должно быть не менее двух выходов на поверхность, в связи с чем необходимо строительство минимум двух вертикальных стволов.

Наличие в разрезе водоносных горизонтов и недопустимость попадания неорганизованных водопритоков в рудник определяют требования к технологии строительства вертикальных шахтных стволов:

- Проведение шахтных стволов спецспособом (проведение стволов в замороженном массиве на определенном протяжении ствола);
- Тубинговое крепление ствола с тампонажем закрепного пространства.

Проходка (отбойка горной массы) может осуществляться как механизированным, так и буровзрывным способом.

Для замораживания массива бурится кольцо из скважин, по которым циркулирует хладагент. Происходит замораживание массива вокруг скважин и образуется так называемый ледопородный цилиндр, в котором и осуществляется проходка ствола.

Вопросы сечений шахтных стволов должны решаться исходя из размещения оборудования и коммуникаций, возможности подачи соответствующего количества воздуха. Помимо требований правил безопасности, сечения стволов должны определяться ещё и исходя из экономической целесообразности. Следует учитывать весьма существенные потери депрессии (компрессии) на участках шахтных стволов при скоростях воздуха, приближенных к максимально допустимым.

Для производственной мощности 6-8 млн тонн руды в год, количество стволов (2 ствола), предполагаемых проектом строительства Невинского рудника, выглядит достаточным.

7.3 Потери полезного ископаемого

Камерная система разработки, предусматривающая сохранение массива на целиках весьма длительное время, предусматривает и весьма высокие потери полезного ископаемого. При камерной системе разработки общешахтные потери могут составить от 20 до 30% в зависимости от геомеханических параметров массива и горно-геологических условий.

Современные способы отработки, предусматривающие применение твердеющей закладки, позволяет несколько сократить потери, однако маловероятно, что на данном этапе возможно оценить их с достаточной точностью.

Если применение твердеющей закладки позволяет сократить потери полезного ископаемого по системе разработки, то значительная глубина работ и относительно малые углы сдвигения (результат малой прочности пород по всему разрезу) резко увеличивают потери в общешахтных целиках и в целиках около разведочных скважин.

По мнению специалистов SRK суммарные потери, т. е. общешахтные потери и потери по системе отработки, по грубым оценкам, могут составить от 50 до 70%, и, соответственно, объем промышленных запасов составит от 30 до 50% от балансовых запасов.

7.4 Разубоживание. Содержание полезных компонентов в товарной руде

Засорение руды в условиях участка Поддубный, где имеются пласты мощностью менее минимально возможной вынимаемой мощности комбайнами, предопределяется процентным соотношением добычи из относительно маломощных пластов. Например, при отработке пластов мощностью 1,8 - 2,2 м необходима присечка пород кровли или почвы мощностью около 0,9-1,3 м. Около 70% пластов имеют мощности менее 2,7 м. На пластах мощностью более 2,7 м для комбайнов JOY и 3,1 м для комбайнов Урал 20р разубоживание по системе разработке будет сведено к нулевым значениям. Засорение горной массы будет происходить ещё и за счет проведения панельных, блоковых и иных выработок по вмещающим породам.

Содержание полезных компонентов в рудах на основании данных скважин должно быть близким по:

- Галитовой руде NaCl: 95,7-99%
- Полиминеральной руде: сильвин – 0,9%, галит – 29,9%, кизерит – 4,9%, карналлит – 53,3%, каинит – 10,8%
- Полигалитовым рудам: галит – 1,5%, кизерит – 1,4%, полигалит – 94,4%, ангидрит – 2,0%.

Содержание компонентов в товарной руде будет ниже в результате разубоживания, которое, в свою очередь, будет зависеть от соотношения вынимаемой мощности и продуктивной мощности пласта.

7.5 Технология отработки запасов

При отработке пластовых калийных месторождений возможны три основные системы отработки:

- Камерная система
- Камерно-столбовая система
- Разновидности столбовой системы разработки.

В данных горно-геологических условиях целесообразно предусматривать камерную системы разработки с практически полной (85-90%) закладкой камер, традиционно применяемую на калийных рудниках, требующих безусловного удержания водозащитной толщи (ВЗТ). Камерная система разработки позволяет обеспечить сохранность сплошности массива покрывающих пород и сохранение ВЗТ. Геометрические параметры камерных систем разработки, применяемых на различных рудниках в различных бассейнах, существенно отличаются друг от друга. Это, в первую очередь зависит от условий сохранения сплошности массива, свойств массива. В данном случае основным и решающим фактором является безопасность ведения работ. Альтернативы иным, высокоэффективным, способам разработки для данного месторождения на современном этапе развития горных технологий нет.

Температура массива на горизонте -1150 м составит +32-33°C, а в забоях, где работает оборудование, до +38-40°C. Под стволом в околоствольном дворе +20-21°C, что в свою очередь потребует дополнительных затрат на охлаждение.

7.6 Рекомендации по проведению исследований по горной части

На данной стадии изученности месторождения следует выполнить все возможные исследования геомеханических параметров продуктивных пластов и вмещающих пород, выполнить геомеханическое компьютерное моделирование, которое позволит выполнить приближенные расчеты параметров системы разработки.

Иные исследования горных вопросов и проблем следует выполнить после вскрытия продуктивной толщи. Часть исследований необходимо будет выполнить во время подготовительных работ при строительстве подземной инфраструктуры, первых панелей и блоков. Необходимо будет изучить свойства массива на глубине ведения работ, обрушаемость, устойчивость кровли, возможность сохранения прочности при обнажениях, возможность применения анкерных крепей, склонность пород к пучению, текучесть пород, устойчивость и деформационные свойства целиков на различных пластах, при различных высотах выработок, возможность применения комбайнов с горизонтальным барабанным исполнительным органом, формирующих плоские обнажения в кровле и т.д. Впоследствии необходимо будет выполнить исследования деформационных свойств массива после закладки, исследовать сдвиги поверхности и т.д. Сейчас рано говорить о полном комплексе исследований, не получив доступ к горному массиву и свите пластов полезного ископаемого.

7.7 Оценка эксплуатационных затрат

Оценка эксплуатационных затрат была проведена по месторождениям-аналогам.

Основные эксплуатационные затраты по руднику складываются из затрат собственно на добычу руды и закладку выработанного пространства, которые согласно ТЭО участков Нивенский-1 и -2 составляют 516 руб./т, и амортизации, которая составляет 616 руб./т. Затраты рассчитаны на способ отработки с гидрозакладкой. Учитывая инфляцию, затраты могут быть на уровне 1300 рублей (16,6-18 долларов США) за 1 тонну руды. В ТЭО участков Нивенский-1 и -2 не приводится оценка затрат на обратную закладку. Экспертная оценка SRK предполагает ее стоимость в масштабе порядка 200 рублей за тонну. Соответственно на данном этапе SRK предлагает определить стоимость добычи на участке Поддубный равной 1500 рублей за тонну.

7.8 Оценка капитальных затрат

В рамках текущей работы SRK не проводила анализ или оценку капитальных затрат по строительству рудника на участке Поддубный.

8 Технология переработки

8.1 Введение

На участке Поддубный исследования по технологии переработки полезных ископаемых на момент написания отчета не проводились. SRK провела анализ технологических исследований по соседним участкам Нивенский-1 и -2. Предполагается, что решения по технологии, принятые по соседней площади, могут быть аналогичными тем, которые могут быть приняты при разработке технологической схемы участка Поддубный.

Анализ данных по технологии бы проведен по следующим материалам:

- «Разведочные работы на калийно-магниевые соли на участке недр Нивенский-1 «Багратионовский муниципальный район» Калининградской области, РФ», 2014 г., ОАО «Севзапгеология».

- «ТЭО постоянных разведочных кондиций с подсчетом запасов калийно-магниевых солей в пределах участков недр Нивенский-1 и Нивенский-2 в Калининградской области», 2018, ООО «СПб Гипрошахт».

8.2 Краткое описание технологической схемы

Основой технологии обогащения руды является комбинированная схема, предусматривающая рудоподготовку и применение флотационного и галургического процессов.

В разработке технологии обогащения руды использован накопленный промышленный опыт переработки полиминеральных калийно-магниевых руд Прикарпатья, кизеритовых руд Германии, карналлита Мертвого моря, лангбейнитовых и полигалитовых руд США. Кроме того, использованы результаты исследований в опытно-промышленных условиях процессов переработки полиминеральных и полигалитовых руд, избыточных шенитовых и карналлитовых растворов.

Технологическая схема кратко приведена ниже:

- Дробление (подготовка питания)
- Флотация (выделение галита)
- Разложение карналлита (преобразование карналлита в сильвинит - только руды с высоким содержанием карналлита)
- Преобразование (калиевых солей в шенит)
- Кристаллизация SOP (из шенита)
- Сушка, гранулирование и расфасовка SOP.

Побочные продукты производства – концентрированные растворы хлорида магния и галита, флотационный галит и сульфат кальция переработки полигалитовой руды – будут закладываться в выработанное пространство рудника.

8.3 Комментарии SRK

Предлагаемый процесс является «типовым» для производства SOP (сульфата калия) из K-Mg-Na-Cl- SO₄ рассолов / руд. «Типовым», потому что в производстве не так много примеров, но процесс, предлагаемый или фактический, следует одним и тем же общим этапам:

- Преобразование исходных калиевых солей в шенит (K₂Mg(SO₄)₂·6H₂O), то есть преобразование солей Cl (таких как сильвинит и карналлит) и двойных (SO₄ и Cl) солей (например, каинита) в соль, содержащую только SO₄
- Физическое отделение калиевых солей от галита (NaCl), обычно путем флотации
- Преобразование шенита в SOP - в основном растворение MgSO₄, чтобы оставить K₂ SO₄ в качестве твердой фазы
- Сушка SOP, упаковка в мешки, гранулирование и т. д.

Обычно существуют некоторые другие стадии в зависимости от минералогии питания, необходимые для уравнивания или удаления избытка Mg, Cl, Na и т. д. Для руд Нивенского месторождения предусматривается стадия после флотации, где карналлит (KCl·MgCl₂·6H₂O) «разлагается» с получением сильвинита (KCl) в виде твердого вещества, оставляя MgCl₂ в растворе. Этот этап здесь является дальнейшим этапом удаления магния. Затем сильвинит превращается в шенит.

В отчете отмечается важность различения руд с высоким содержанием карналлита и руд с низким содержанием карналлита, но на самом деле не говорится, как они будут обрабатываться, например, по отдельным технологическим схемам, отдельным производственным циклам и т. д. На данный момент предлагаемая технологическая схема

обеспечивает переработку либо руды, богатой карналлитом, либо руды, богатой каинитом, и в предполагаемом технологическом цикле возможны повышенные потери SO_4 .

SRK отмечает, что технологическая схема должна и может быть разработана с учетом минерального состава руд участка Поддубный и должна быть адаптирована и проверена для каждого типа руды.

Технологическая схема должна предусматривать переработку различных солей калия, таких как сильвин, каинит и карналлит (хотя полигалит не будет извлекаться), но на данном этапе не ясно, как в технологической схеме будет перерабатываться смесь карналлита и каинита в питании.

Насколько известно SRK, на данный момент Заказчиком ведутся исследования по адаптации технологической схемы под случай смешанного питания (карналлит и каинит).

На основании анализа геологической информации по соотношению запасов компонентов K_2O и SO_4 в системе на участке Нивенский-1 и -2 и на участке Поддубный отмечается недостаточное количество компонента SO_4 .

Согласно информации, представленной Заказчиком, компенсация нехватки SO_4 может быть проведена за счет введения в систему полигалитовых щелоков, которые позволят добавить в систему недостающий объем SO_4 и одновременно с ним дополнительное количество K_2O (в основном, за счет содержащихся в полигалитовых щелоках $K_2 SO_4$ и $Mg SO_4$).

Согласно имеющейся геологической информации в пределах участка Нивенский-1 существуют локальные участки распространения полигалитовой руды. На участке Поддубный планируется бурение скважины 5 с целью выявления продолжения полигалитовых руд в сторону участка Поддубный.

Содержания нерастворимого осадка по данным аналитики первых двух скважин участка Поддубный низкое – ниже 0,5%, что не должно негативно сказаться на технологическом процессе и качестве конечного продукта.

В отчете ТЭО по участкам Нивенский-1 и -2 не приведено обоснование извлечения полезного компонента и содержание в конечном продукте. Соответственно параметры извлечения полезного компонента и содержание в конечном продукте по участку Поддубный требуют дополнительных обоснований на базе фактических результатов технологических исследований.

8.4 Оценка эксплуатационных затрат

По оценке специалистов SRK на основании месторождений-аналогов, стоимость производства может составить порядка 150 долларов за тонну товарной продукции – сульфата калия (SOP).

8.5 Оценка капитальных затрат

В рамках текущей работы SRK не проводила анализ или оценку капитальных затрат по строительству перерабатывающего комплекса на участке Поддубный.

8.6 Рекомендации

Необходимо определить средний минералогический состав руд по каждому горизонту участка Поддубный и провести отбор технологических проб по каждому горизонту для проведения технологических исследований. В случае наличия серьезных вариаций в минералогическом составе руд необходимо отобрать технологические пробы по каждому типу руд. При отборе

технологической пробы необходимо ориентироваться на средние прогнозные содержания основных компонентов по горизонтам, учитывая показатели разубоживания.

При разработке технологического регламента необходимо учесть полиминеральный состав руд и все возможные вариации этого состава, чтобы обеспечить в будущем максимальное извлечение для всех участков.

Содержание SO_4 в среднем по месторождению ниже, чем содержание K_2O . Соответственно в рамках технологического процесса необходимо будет добавление недостающего объема SO_4 . Для технологического процесса оптимальным вариантом будет являться добавление щелоков полигалитовой руды с высоким содержанием SO_4 .

Необходимо провести исследования по определению источника и характеристик полигалитовой руды, необходимой для балансировки процесса получения сульфата калия. Отдельно потребуются провести исследования по оценке дополнительных затрат на добычу и переработку полигалитовых руд.

9 Гидрогеология

9.1 Введение

В рамках работы по укрупненной оценке гидрогеологических рисков на участке Поддубный специалисты SRK выполнили следующее:

- Аудит исходной документации (ТЭО на отработку соседних участков Нивенский-1, -2, Проект Поддубный, результаты гравиметрических работ);
- Укрупненная оценка гидрогеологических рисков отработки месторождения;
- Разработка рекомендаций по доизучению участка.

Источниками информации для реализации работ являлись:

- ТЭО кондиций по объектам Нивенское 1, 2, граничащему с участком проведения работ на юге (рисунок 6-1),
- Проект на выполнение работ по объекту: «Проведение геологического изучения (поиски и оценка) на калийно-магниевые соли на участке недр «Поддубный» Калининградской области, РФ».

Участок Поддубный планируется к отработке подземным способом с полной закладкой отработанного пространства, что должно обеспечивать минимальное нарушение массива над площадью отработки и препятствовать развитию водопроводящих трещин, вскрывающих вышележающие водоносные горизонты и тем самым нарушающие герметичность массива.

9.2 Гидрогеологические условия

Условия питания подземных вод определяются значительным превышением суммы осадков над испарением. Так, годовое количество атмосферных осадков здесь составляет 760-830 мм в год, испаряется около 450-550 мм. Таким образом, на пополнение ресурсов подземных вод расходуется около 30% от общего количества осадков.

Модули питания подземных вод обычно не превышают $1 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$. При этом прослеживается зависимость уменьшения интенсивности питания с глубиной.

Питание напорных водоносных горизонтов четвертичных и дочетвертичных пород имеет сложный характер. Основной областью питания и создания напоров является Балтийская гряда, прилегающая на юго-востоке Калининградской области к приграничным районам Польши и Литвы. В местную гидросеть с незначительной глубиной вреза происходит разгрузка,

в основном, безнапорных и, частично, напорных водоносных горизонтов верхней части четвертичного межморенного комплекса.

В целом пьезометрические поверхности всех водоносных горизонтов повторяют рельеф современной поверхности в более нивелированном виде, причем для более глубокозалегающих горизонтов характерна более сглаженная пьезометрическая поверхность. Уровненный режим подземных вод неглубокого залегания находится в прямой связи с гидрометеорологическими факторами.

В гидрогеологическом плане на исследуемом участке выделяются три этажа:

1. Верхний, мезо-кайнозойский, этаж сложен образованиями четвертичной системы, неогена, палеогена, мела и юры. В их составе преобладают песчано-глинистые отложения, и только отложения верхнего мела сложены карбонатными породами (преимущественно мергелями). В гидродинамическом плане этаж охватывает зону активного водообмена. Подземные воды этажа на участке-аналоге до глубины около 100 м пресные, с глубиной переходят в солоноватые и соленые с минерализацией до 20 г/дм³. Основной областью питания является Балтийская гряда, расположенная на юге области. Главные дренирующие артерии – реки Преголя, Прохладная, а также Балтийское море со своими заливами.

Следующий гидрогеологический этаж (верхний 2) объединяет пески на границе юрских и триасовых отложений. Воды этих песков зажаты между двумя мощными глинистыми пачками, поэтому имеют напорный характер и уровни достигают 74 м над поверхностью земли, что необходимо учитывать при проходке горных выработок. Минерализация составляет до 20 г/дм³.

Региональным водоупором, разделяющим верхний и средний этажи, является толща триасовых глин мощностью до 500 м, отмеченная ранее. Толща является выдержанной в плане и не подвергается сомнению.

Наиболее изученными в гидрогеологическом плане являются отложения верхних этажей, т. е. от четвертичных до триасовых включительно. Нижезалегающие породы характеризуются низкой степенью изученности.

2. Средний, нижне-верхнепалеозойский, гидрогеологический этаж, к которому приурочены эвапоритовые отложения участка Поддубный, и соответствующий зоне затрудненного водообмена, объединяет отложения перми и девона. Гипсометрическое положение кровли этажа отвечает глубинам 600-1200 м, мощность составляет 350-500 м. От нижележащего этажа он отделен силурийским водоупором, сложенным в основном аргиллитами и аргиллитоподобными глинами. Существенное место в строении среднего этажа занимает пермская галогенная формация, во многом определяющая условия формирования химического состава подземных вод, минерализация которых достигает 140 г/дм³.

Проницаемость пермских отложений изучалась при проходке скважины РПС 3А (Рисунок 9-5), рассолы были выделены в интервалах 1019,2-1028,65 м и 1044,55-1052,4 м. Удельный дебит при опробовании оказался крайне низким и не превысил 0,0006 л/с, расчетное значение водопроводимости составило 0,0164 м²/сут. Статический уровень был зафиксирован на глубине 43 м.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что пермские отложения обводнены незначительно.

Продуктивная толща относится к среднему этажу.

3. Нижний, нижнепалеозойский, гидрогеологический этаж, охватывающий гидродинамическую зону застойного режима, представлен карбонатными отложениями ордовика и терригенными породами кембрия. Кровля этажа соответствует глубинам 2200-

2600 м, а мощность его достигает 550 м. Нижним водоупором являются породы кристаллического фундамента. Подземные воды представлены в основном метаморфизованными хлоридными кальциевыми рассолами с минерализацией до 220 г/дм³. Вертикальный водообмен с вышележающими этажами происходит по зонам тектонических нарушений.



Рисунок 9-1: Участок проектируемой отработки Поддубный (выделен сиреневым)

9.3 Гидрогеологическая изученность

В рамках поисковых работ 1980-1982 гг. пройдена скважина № 4 Поддубное (ДН-15) на границе участков Нивенский-1 и Поддубный. Исходя из полученной информации мощность продуктивной толщи солевых отложений составляет порядка 35 м и залегает она в интервалах глубин 1068-1103 м. Данная толща не подвергалась гидрогеологическим исследованиям, но предположительно характеризуется низкими фильтрационными свойствами.

Участок Поддубный находится в схожих геолого-гидрогеологических условиях с прилегающими участками Нивенский-1 и Нивенский-2. На обоих участках отмечается параллельное залегание продуктивных эвапоритовых слоев с постепенным погружением в юго-восточном направлении. Перекрывающие горизонты регионально выдержанные, предпосылки к значительной изменчивости гидрогеологической обстановки на соседних объектах отсутствуют. Участок Нивенский-1 можно считать объектом-аналогом планируемого к отработке участка Поддубный.

Гидрогеологическая карта района работ представлена на рисунке ниже (Рисунок 9-6).

Средние параметры проницаемости вмещающих и вышележающих отложений представлены в таблице ниже (проект Нивенский-2).

Таблица 9-1: Средние фильтрационные свойства пород по данным опробований

№ п/п	Горизонт	Коэффициент фильтрации, м/сут	Мощность, м	Глубина подошвы, м	Статический уровень, м
1	gIIIb		4	10	
2	f,IgIIIn-IIIb	0,2	19	38	9
3	flk-IIIn	0,3	31,1	112	17,6
4	J ₃₀ -tt – K _{1a} -K _{2s}	0,8	144,8	396,6	1,25
5	J _{1g} -J _{2bt}	0,53	94,7	584,4	-53,7
6	T ₁ ³ dm	0,18	35,6	632,5	-44,65
7	T ₁ ² šr	2,49	44,3	725,7	-29,0
8	P	0,00174	9,45	1028,65	43

Согласно данным по объекту-аналогу Нивенский-1, продуктивная толща эвапоритов перекрывается выдержанной толщиной триасовых глин общей мощностью порядка 100 м (и более). Данная толща является региональным водоупором на территории района и изменяется от 500 м на Юго-Востоке до 50 м на участке Балтийского моря. Это говорит о достаточной изолированности пермских водовмещающих пород от вышележащих горизонтов. Данный факт также подтверждается ростом минерализации подземных вод на участке до 140 мг/дм³, что говорит о незначительной фильтрации менее минерализованных вод вышележащих отложений.

Следует иметь в виду, что, несмотря на незначительные прогнозные водопритоки на участках непосредственной отработки, минерализация подземных вод пермских отложений характеризуется высокими значениями, что требует уделения отдельного внимания при разработке системы очистки подземных вод, поступающих в горные выработки в процессе отработки.

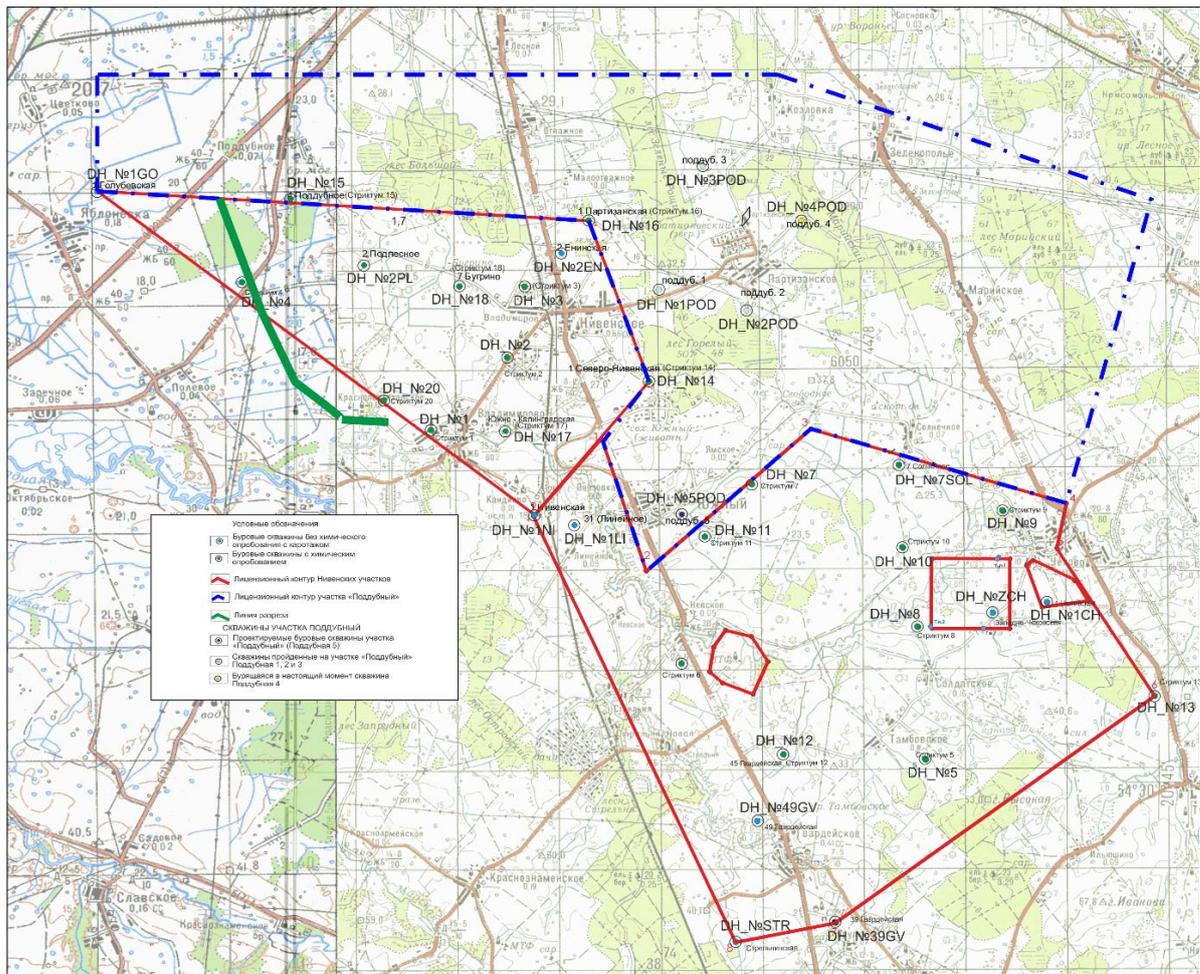


Рисунок 9-2: Линия разреза

Также следует отметить слабую тектоническую изученность участка работ. По имеющимся сведениям по участку-аналогу, возможно наличие тектонических нарушений в массиве горных пород на участке Поддубный (Рисунок 9-3). Положение данного нарушения требует заверки, как и его фильтрационные свойства, т. к. при наличии проницаемого участка разрывного нарушения может существовать взаимосвязь водоносных горизонтов, что критично для условий отработки месторождения.

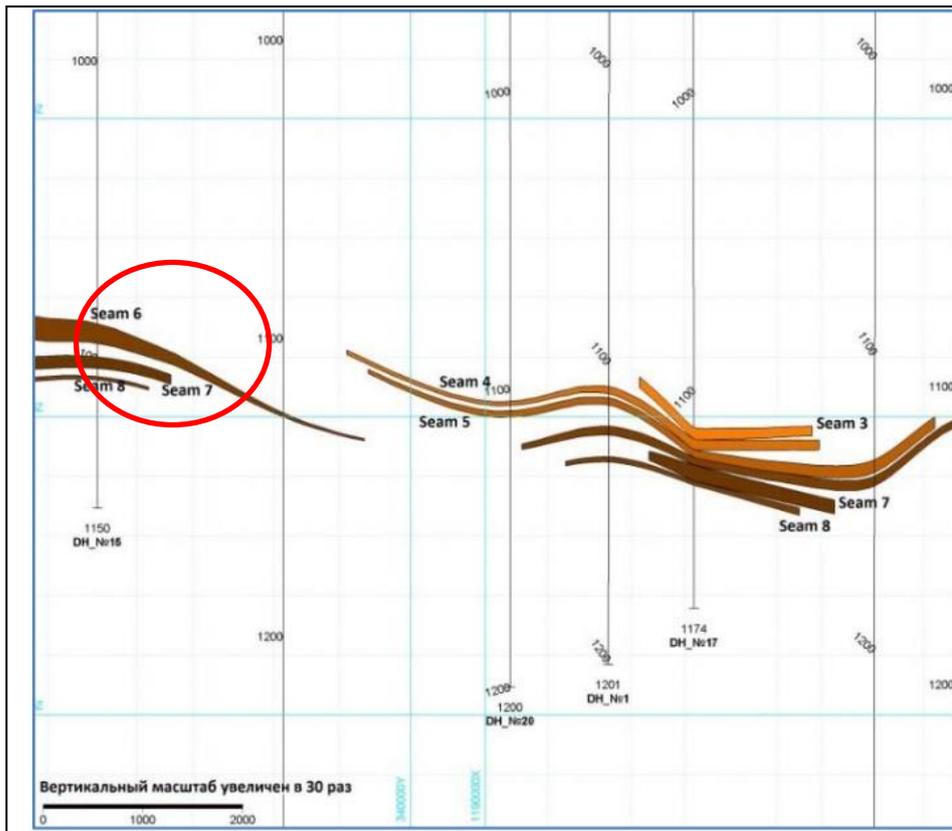


Рисунок 9-3: Разрез толщи солевых отложений по линии 1-1 [ТЭО Нивенский-1]

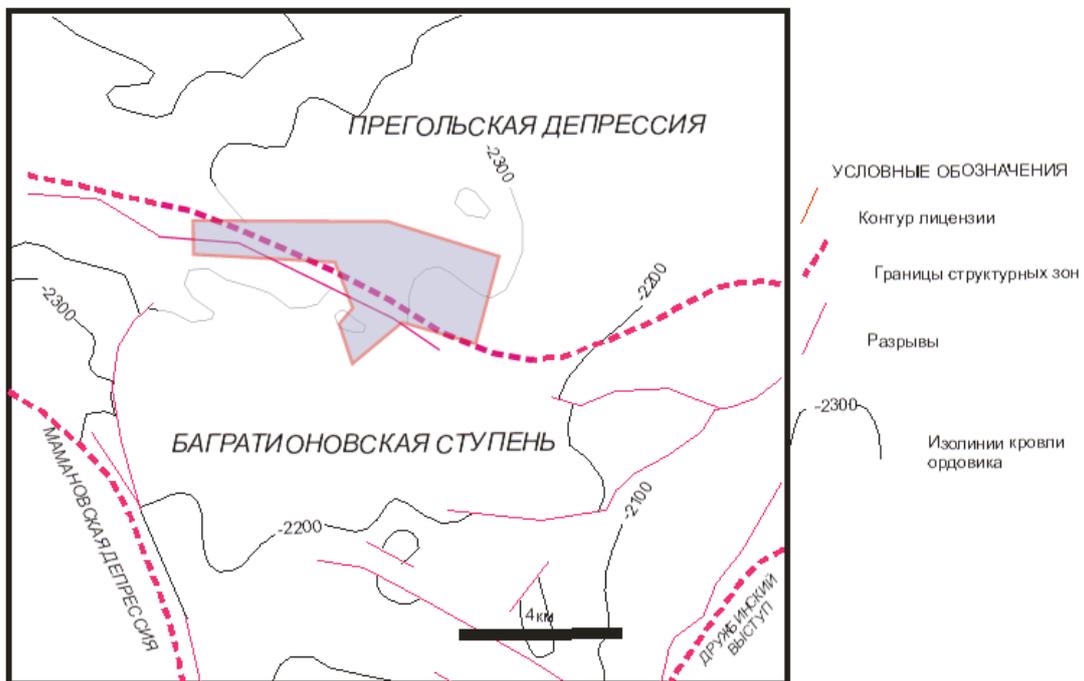
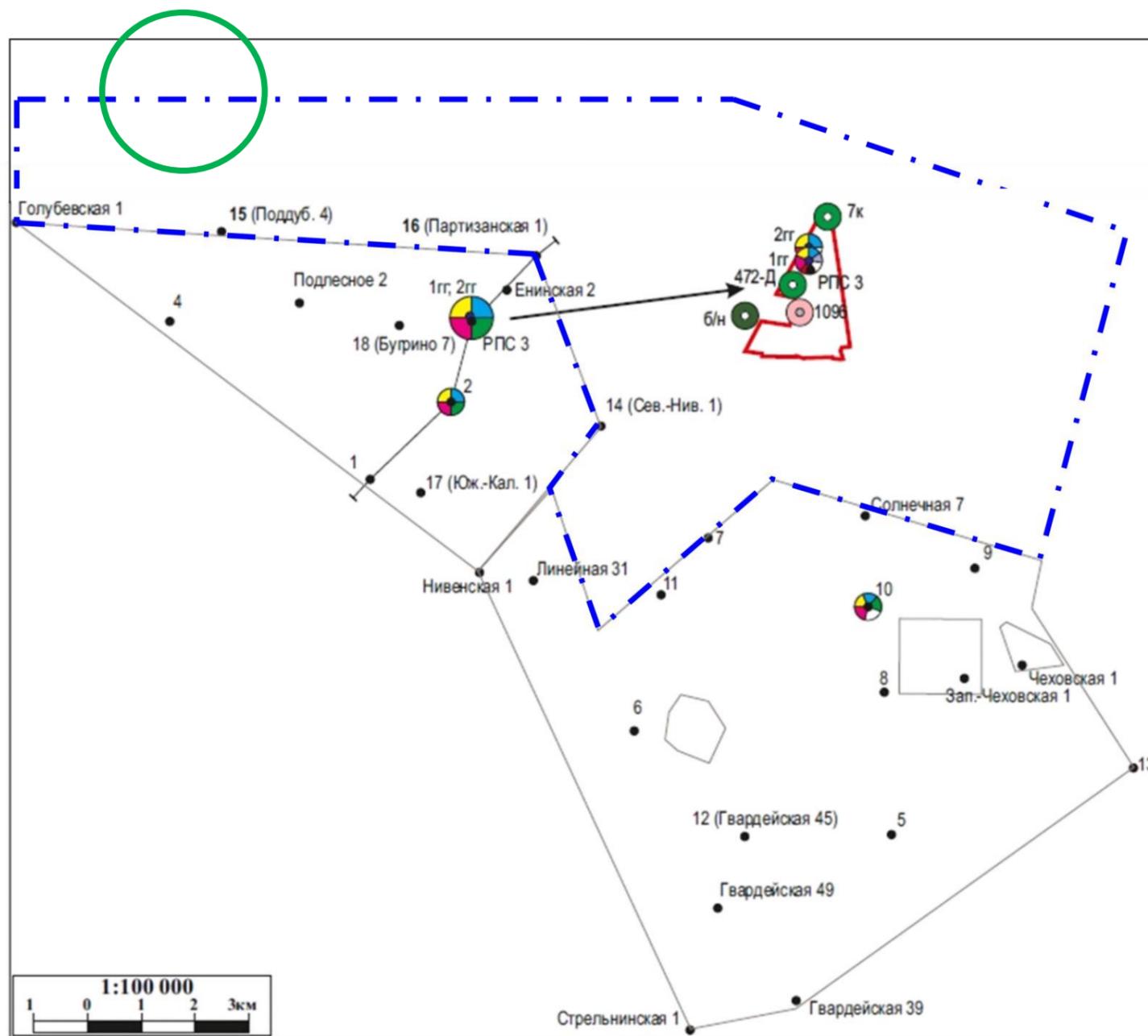


Рисунок 9-4: Тектоническая схема участка работ



Условные обозначения:

Скважины:

- вскрывшие на полную мощность допермские отложения;
- гидрогеологические;
- хозяйственно-питьевые;
- инженерные.

Водоносные горизонты (комплексы), в которых проведены гидрогеологические исследования:

- Верхненеоплейстоценовый водоносный внутриледниковый горизонт;
- Средне-верхнеоплейстоценовый водоносный водноледниковый комплекс;
- Нижне-среднеоплейстоценовый водоносный флювиогляциальный комплекс;
- Оксфорд-титонский-апт-сеноманский водоносный комплекс (верхняя часть разреза);
- Оксфорд-титонский-апт-сеноманский водоносный комплекс (нижняя часть разреза);
- Геттанско-батский водоносный горизонт;
- Деймеский водоносный горизонт;
- Шаркувский водоносный горизонт.

- Участок исследования
- Участок Поддубный

Прочее:

- ▲ Участок работ (база ООО «К-Поташ сервис»)
- ↔ Линия геолого-гидрогеологических разрезов

Примечание:

Карта не нагружена большим количеством скважин, опробовавших нижне-среднеоплейстоценовый водоносный флювиогляциальный комплекс.

Рисунок 9-5: Схематическая карта фактического материала

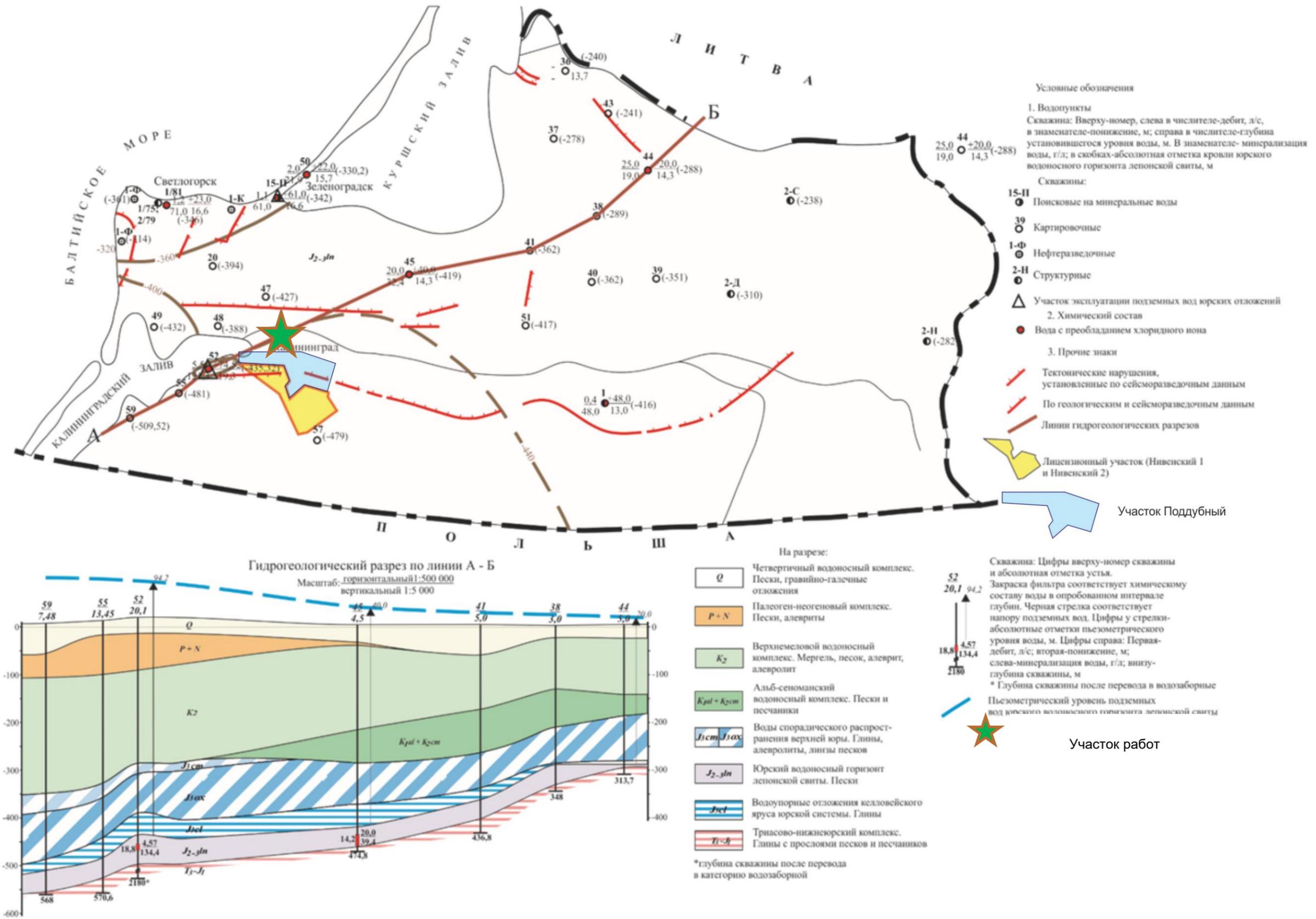


Рисунок 9-6: Схематическая гидрогеологическая карта Калининградской области

9.4 Выводы

На основе изученных материалов необходимо отметить следующее:

1. Участок Поддубный находится в схожих геолого-гидрогеологических условиях с участками Нивенский-1, -2, что говорит о возможности использовать их как объекты-аналоги.
2. Основной риск, связанный со значительным притоком подземных вод, ожидается на этапе проходки стволов, в процессе обработки вероятность значительного водопритока практически отсутствует.
3. Продуктивный слой перекрыт мощной толщей водоупорных глин (не менее 50-100 м), что говорит о его изолированности от других горизонтов. Это подтверждается результатами бурения более 10 скважин и существенной разницей в минерализации водоносных горизонтов. Непосредственно на участке исследований в скважине 15 мощность и глубина водоупорных глин не фиксировалась, керн отбирался, начиная с эвапоритовых пород.
4. Продуктивный горизонт условно характеризуется низкими фильтрационными свойствами, что говорит о низких прогнозных водопритоках непосредственно на участке обработки.
5. Вышезалегающая толща (над триасовыми глинами) характеризуется высокими напорами и высокой проводимостью 20-100 м²/сутки (непосредственно на участке исследований опытно-фильтрационные исследования в скважине 15 не проводились), что говорит о сложностях при проходке стволов и требует их проходки под защитой заморозки на значительную глубину с дальнейшим укреплением.
6. Положение тектонических нарушений и их фильтрационные свойства на участке обработки требуют уточнения. Рекомендуется доизучение участка разлома посредством бурения скважин и проведения поинтервальных опытно-фильтрационных исследований.
7. Минерализация подземных вод продуктивной толщи требует серьезной проработки вопроса их утилизации. Ожидаемая минерализация не менее 140 мг/дм³.

9.5 Рекомендации

Рекомендации по гидрогеологическому доизучению на участке Поддубный:

- Оценить фильтрационные свойства дочетвертичных горизонтов (до продуктивных пермских отложений) при помощи проведения поинтервальных опытно-фильтрационных исследований с использованием пакерного устройства.
- Заверить расположение регионального разлома, его фильтрационные параметры и возможность перетока из первого гидрогеологического этажа во второй на участке регионального разлома.
- Выполнить отбор проб подземных вод из продуктивного горизонта.

10 Оценка ресурсного потенциала

10.1 Оценка бортового содержания

Данные по стоимости сульфата калия были представлены Заказчиком на основании отчета HIS Market по калийным солям от 29.02.2021. Данные были получены из официальных источников. Независимых маркетинговых исследований SRK не проводила.

Исходные данные для оценки бортового содержания представлены ниже:

- Затраты на переработку – 1166 руб./т
- Затраты на добычу – 1500 руб./т
- Общехозяйственные расходы – 526 руб./т
- НДС – 448 руб./т

- Извлечение – 89.99%
- Содержание в товарной продукции – 95%
- Стоимость сульфата калия – 500\$/т.

При указанных значениях эксплуатационных затрат граничное бортовое содержание для сульфата калия составит 10,7%. При пересчете на K₂O значение бортового содержания составит 5,8%.

10.2 Ресурсный потенциал участка Поддубный

По результатам проведенных работ специалисты SRK провели оценку ресурсного потенциала участка Поддубный. Ниже приведены результаты оценки по бортовому содержанию K₂O более 5,8%. Значение объемного веса было применено к каждому горизонту индивидуально в соответствии с таблицей выше (Таблица 6-5).

Оценка ресурсного потенциала проведена из обоснования, что для компенсации разницы объемов K₂O и SO₄ будут использованы щелоки полигалитовой руды. Объем дополнительной полигалитовой руды, необходимый для технологического процесса, на данный момент не определен и не участвует в оценке ресурсного потенциала. При расчете бортового содержания также не участвуют затраты на добычу или транспортировку, а также переработку дополнительной полигалитовой руды.

Таблица 10-1: Ресурсный потенциал участка Поддубный по K₂O

Горизонт	Руда, млн т	Содержание		Металл	
		K ₂ O, %	SO ₄ , %	K ₂ O, млн т	SO ₄ , млн т
hor1	1 589	6,92	7,26	110,0	115,4
hor2	2 428	7,58	4,91	184,1	119,3
Итого	4 017	7,32	5,84	294,1	234,7

10.2.1 Анализ чувствительности

На рисунке ниже (Рисунок 10-1) представлена зависимость среднего содержания и количества руды от значения бортового содержания для K₂O и для SO₄.

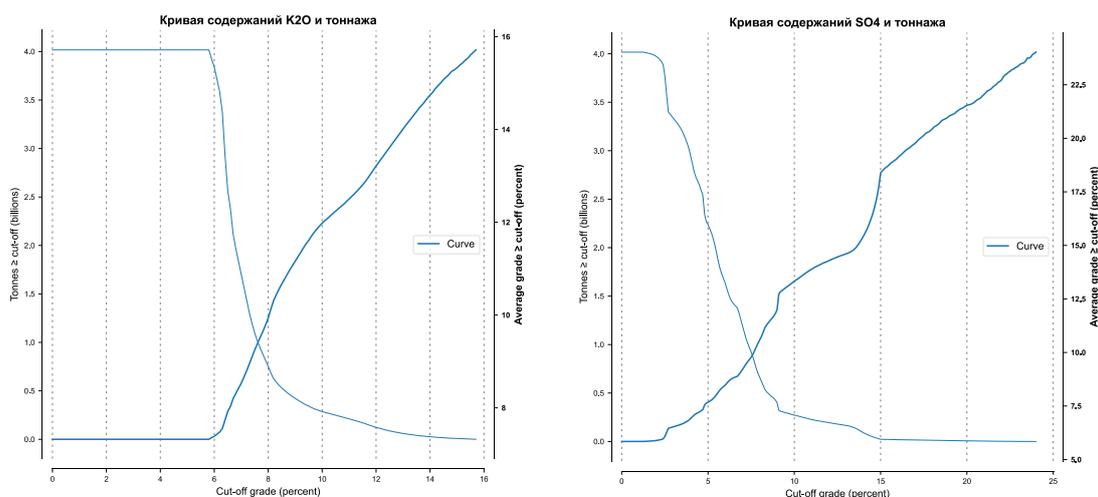


Рисунок 10-1: Анализ чувствительности модели

Из рисунка видно, что при увеличении бортового содержания для K₂O выше 4% начинается резкое снижение объема руды при достаточно резком росте среднего содержания. Для SO₄ резкое изменение объема руды и содержания начинается со значения 5%.

10.2.2 Коэффициент извлечения ресурсов

Согласно данным раздела 7 («Горная часть»), коэффициент извлечения ресурсов, основываясь на данных по соседним участкам, а также по опыту эксплуатации аналогичных месторождений солей подземным камерно-столбовым методом, может составить в пределах 30-50%.

10.2.3 Анализ чувствительности

При оценке ресурсного потенциала калийные горизонты распространялись на всю площадь участка Поддубный. Основную информацию по содержанию полезных компонентов несли скважины, пробуренные на участке и по периметру. Первый горизонт по данным имеющихся скважин имеет меньшую протяженность, соответственно по данным дополнительного бурения его площадь может незначительно увеличиться или наоборот еще больше сократиться. Горизонт 2 на данный момент имеет повсеместное распространение в пределах участка. Соответственно дополнительное бурение может либо подтвердить имеющиеся характеристики, либо показать более низкие показатели, поэтому нет оснований ожидать увеличение ресурсного потенциала по результатам дополнительного бурения.

11 Сопоставление с другими месторождениями

Ниже представлены данные по Минеральным ресурсам калийных месторождений мира (база в первую очередь представлена месторождениями хлорида калия). Данные были получены из официальных источников. К ресурсам были отнесены объемы ресурсов категорий Measured+Indicated+Inferred. SRK отмечает, что в среднем от 30 до 50% ресурсов может быть извлечено во время отработки.

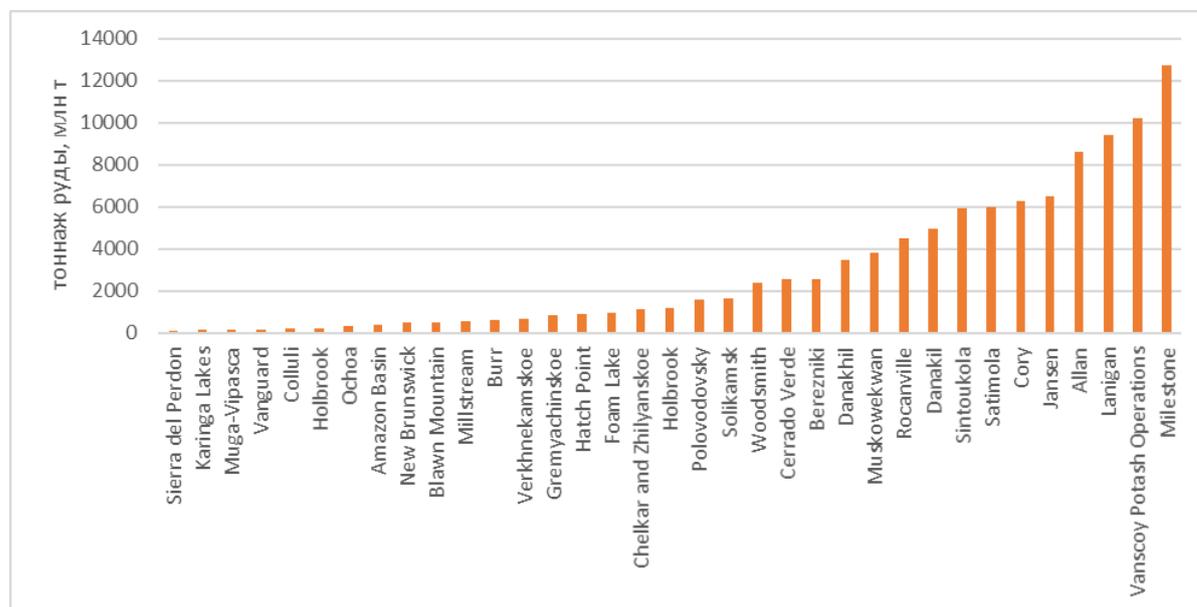


Рисунок 11-1: Минеральные ресурсы калийных месторождений мира

При сопоставлении с другими объектами стоит отметить, что участок Поддубный входит во второй десяток по потенциальным ресурсам. Согласно методическим рекомендациям по классификации запасов на базе имеющихся данных, участок Поддубный может быть отнесен к крупным.

По содержанию калия месторождение можно отнести к достаточно бедным (при сравнении с сильвинитовыми месторождениями, на которых отсутствует сульфатная составляющая) (Рисунок 11-2).

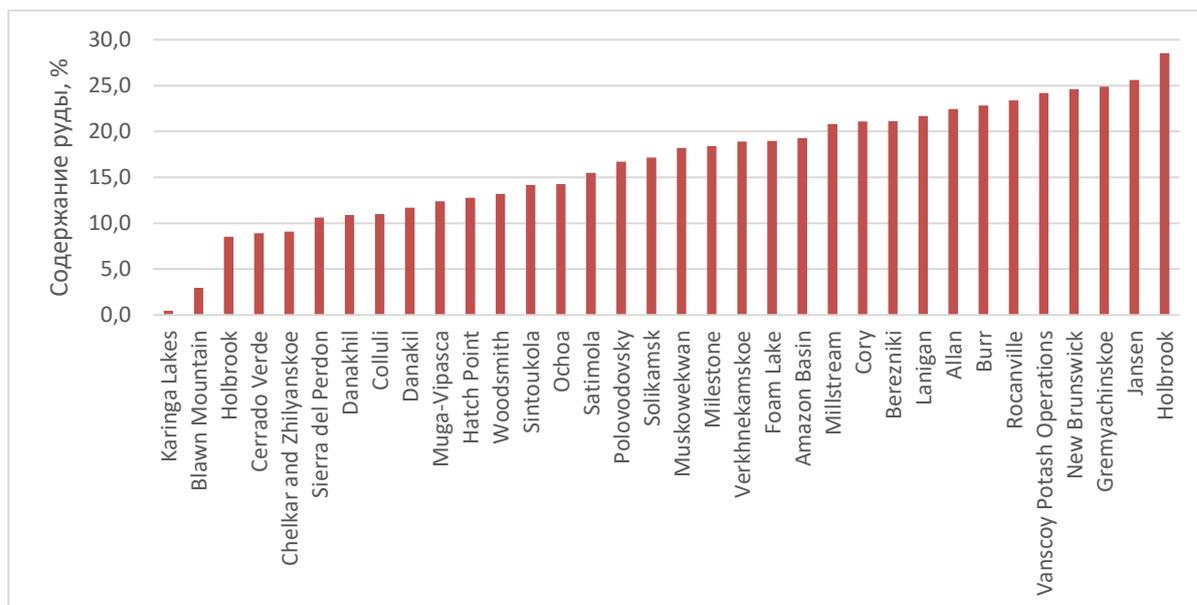


Рисунок 11-2: Содержание полезного компонента по калийным месторождениям мира

Стоит отметить, что участок Поддубный является в своем роде уникальным при наличии в недрах сульфатной и калийной составляющей в легкорастворимых минералах для получения SOP.

12 Выводы

12.1 Оценка ограничений и преимуществ проекта

12.1.1 Геология

Данные бурения по участку Поддубный вместе с данными по смежным участкам Нивенский-1 и -2 подтверждает наличие карналлит-каинит-кизеритовых горизонтов.

Совместно все три участка разведаны по невыдержанной сети, что не дает возможность делать надежные выводы о выдержанности гипсометрии пластов и подтвердить тектонические структуры, выделенные по данным гравиразведки.

Средние показатели по содержанию полезных компонентов достаточно низкие по сравнению с сильвинитовыми месторождениями, на которых отсутствует сульфатная составляющая. По содержанию основных компонентов (K_2O и SO_4), существует определенные вариации в распределении этих элементов. В среднем участкам с более высокими содержаниями K_2O соответствуют участки с более низкими содержаниями SO_4 и наоборот. Необходимо провести дополнительные исследования по источнику и параметрам дополнительной руды, которая может быть добавлена в виде щелока на этапе переработки для компенсации недостающего объема SO_4 .

В рамках анализа выдержанности основных пластов стоит отметить наличие вариаций по содержанию и мощности как самих пластов, так и безрудных интервалов.

По всем горизонтам отмечается дисбаланс содержаний основных компонентов: повышение содержаний K_2O компенсируется снижением содержания SO_4 и наоборот. При переработке данный дисбаланс потребует компенсации за счет дополнительных источников SO_4 , которые еще потребуются найти и обосновать.

Прогнозный ресурсный потенциал участка значительный, однако его подтверждение потребует дополнительных исследований, а в случае подтверждения значительных вариаций геологических характеристик потребуются сгущение разведочной сети.

Минеральный состав руд месторождения довольно уникальный. При правильном подборе технологической схемы возможно получение сульфата калия, ценность которого на рынке будет значительно выше, чем хлорида калия.

12.1.2 Горная часть

Исследования по горной части на участке Поддубный на момент написания отчета не проводились. Основные выводы по данной части сделаны по данным исследований по смежным участкам Нивенский-1 и -2.

В данных горно-геологических условиях предусматривается камерная система разработки с практически полной (85-90%) закладкой камер, традиционно применяемая на калийных рудниках, требующих безусловного удержания водозащитной толщи (ВЗТ). Камерная система разработки позволяет обеспечить сплошность массива покрывающих пород и сохранение ВЗТ.

Надежных исследований по геомеханике с моделированием устойчивости на Нивенском месторождении не проводилось, соответственно принятые параметры системы не были геомеханически обоснованы. Учитывая глубину отработки, данную работу следует провести до начала проектирования. На участке Поддубный также потребуются проведение детальных геомеханических исследований с моделированием параметров устойчивости.

Температура массива на горизонте -1150 м составит +32-33°C., а в забоях, где работает оборудование, до +38-40°C. Под стволом в околоствольном дворе +20-21°C, что в свою очередь потребует дополнительных затрат на охлаждение и, возможно, использование более дорогой техники.

По мнению специалистов SRK суммарные потери, которые складываются из общешахтных потерь и потерь по системе отработки, по грубым оценкам, могут составить от 50 до 70%, и, соответственно, объем промышленных запасов составит от 30 до 50% от балансовых запасов.

Стоит отметить, что с инфраструктурной позиции месторождение имеет выгодное положение: в районе месторождения имеется развитая автодорожная и железнодорожная сеть, проходящая непосредственно по территории лицензии. Имеются линии ВЛ 110 кВ на расстоянии 4 и 26 километров от участка. Расстояние до торгового порта города Калининграда составляет 30 км.

12.1.3 Гидрогеология

Гидрогеологические исследования на участке Поддубный на момент написания отчета не проводились, соответственно основные выводы сделаны по данным гидрогеологических исследований смежных участков Нивенский-1, -2, с которыми участок Поддубный имеет схожие геолого-гидрогеологические условия.

Основной риск, связанный со значительным притоком подземных вод, ожидается на этапе проходки стволов, и данный риск может быть снижен путем заморозки массива с дальнейшим укреплением, однако глубина заморозки может быть значительной.

В процессе отработки вероятность значительного водопритока практически отсутствует. Дополнительного изучения требуют тектонические нарушения и их фильтрационные свойства. Также дополнительного изучения требует вопрос утилизации подземных вод.

12.1.4 Технология переработки

На момент написания отчета технологические исследования на руде участка Поддубный не проводились. Основные выводы по предполагаемому технологическому процессу были сделаны на основании данных участков Нивенский-1 и -2.

Предлагаемая технологическая схема является типовой для производства SOP (сульфата калия) из K-Mg-Na-Cl- SO₄ рассолов и руд. SRK отмечает, что схема требует оптимизации для целей переработки смеси карналлитовых и каинитовых руд с целью снижения потерь SO₄.

На основании анализа геологической информации по соотношению запасов компонентов K₂O и SO₄ в системе на участке Нивенский-1 и -2 и на участке Поддубный, отмечается недостаточное количество компонента SO₄.

Согласно информации, представленной Заказчиком, компенсация нехватки SO₄ может быть проведена за счет введения в систему полигалитовых щелоков, которые позволят добавить в систему недостающий объем SO₄ и одновременно дополнительное количество K₂O (в основном, за счет содержащихся в полигалитовых щелоках K₂SO₄ и MgSO₄). Источник щелоков требует дополнительного изучения и обоснования.

По участку Поддубный в рамках первого этапа бурения пяти скважин запланировано проведение технологических исследований на одной пробе, которые могут позволить решить вышеперечисленные проблемы схемы переработки, выявленные по участкам Нивенский-1 и -2. Однако одна средняя проба, запланированная к отбору на месторождении, может не отражать всей вариативности минералогического состава руд. Поэтому SRK рекомендует увеличить количество технологических проб на данном этапе как минимум до двух – по одной на каждый горизонт.

Параметры извлечения полезного компонента и содержание в конечном продукте по участку Поддубный требуют дополнительных обоснований на базе фактических результатов технологических исследований.

12.2 Качество исходной информации

SRK провела анализ качества и детальности проведенных исследований на участке месторождения Поддубный.

При анализе использовалась следующая информация:

- При анализе качества бурения, опробования, ГИС и аналитики использовались данные по трем пробуренным скважинам на участке Поддубный.
- В анализе ресурсного потенциала участка Поддубный участвовали скважины участков Нивенский-1 и -2, непосредственно примыкающие к границе участка Поддубный.
- При анализе данных по технологии переработки руды и по горной части использовалась информация из отчетов ТЭО по участкам Нивенский-1 и -2.

Участок Поддубный находится на начальном этапе геологоразведки, в рамках которой были пройдены две геологические скважины с полным опробованием и еще две скважины на момент написания были пробурены, и по ним проведен полный комплекс исследований ГИС. В части вопросов отработки и переработки руд SRK использовала информацию по соседним участкам Нивенский-1 и -2 на основании предположения, что участок Поддубный является продолжением указанных участков и будет иметь аналогичные параметры по схеме вскрытия и отработки, а также технологии переработки руд.

SRK отмечает, что качество и детальность сбора первичной геологической информации, что включает в себя методики привязки, описания, пробоподготовки и аналитики по участку Поддубный, соответствуют стандартам кодекса JORC.

12.3 Ресурсный потенциал

Ресурсный потенциал участка на базе имеющихся данных бурения значительный, месторождение можно отнести к достаточно крупным. Однако стоит отметить, что в рамках дополнительного бурения прирост ресурсов маловероятен.

Извлекаемость ресурсов при данной системе обработки с учетом глубин и параметров соляных пластов может составить в пределах 30-50%.

Минеральный состав руд участка Поддубный достаточно уникален и позволяет получить при переработке более ценный продукт – сульфат калия, который имеет большую ценность и стоимость по сравнению с хлоридом калия.

Горизонт	Руда, млн т	Содержание		Металл	
		K ₂ O, %	SO ₄ , %	K ₂ O, млн т	SO ₄ , млн т
hor1	1589	6,92	7,26	110,0	115,4
hor2	2428	7,58	4,91	184,1	119,3
Итого	4017	7,32	5,84	294,1	234,7

13 Рекомендации

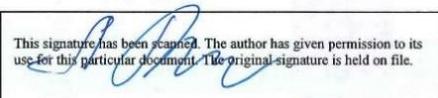
Ниже представлены общие рекомендации по проекту. Более подробные рекомендации представлены в каждой главе отчета.

- Геология. На данном этапе целесообразно завершить первый этап геологоразведочных работ с проведением детального анализа выдержанности калийных пластов, содержания полезных компонентов и с переоценкой ресурсного потенциала площади. После положительных результатов оценки целесообразно перейти к следующему этапу бурения с получением выдержанной сети на всей лицензионной площади. Рекомендуемая сеть бурения составляет 1200-2000 метров. По данным бурения необходимо будет построить детализированную блочную модель с индивидуальным оконтуриванием каждого калийного пласта с учетом данных по минералогическому составу. Необходимо продолжить исследования по источнику полигалитовой руды, которая необходима на компенсации нехватки SO₄. Запасы полигалитовой руды были выявлены на участке Нивенский, однако распространение запасов на участок Поддубный и оценка их объема требует дополнительных исследований.
- Гидрогеология. Необходимо проведение полного комплекса гидрогеологических исследований на участке, который включает исследования по четвертичным отложениям и основным тектоническим структурам. Также необходимо определить качество подземных вод в пределах калийных горизонтов.
- Геомеханика. Необходимо проведение полного комплекса геомеханических исследований на участке, который включает исследования геомеханических параметров продуктивных пластов и вмещающих пород. Необходимо выполнить геомеханическое компьютерное моделирование, которое позволит выполнить приближенные расчеты параметров системы разработки,
- Горная часть. На основании результатов геомеханического моделирования необходимо будет определить оптимальную последовательность обработки пластов и параметры систем обработки.
- Технология. Необходимо провести полный комплекс технологических исследований на керновом материале скважин участка Поддубный. Ввиду различий в минералогическом

составе рекомендуется отобрать технологические пробы отдельно по каждому горизонту и в соответствии с прогнозными средними показателями по содержанию всех полезных компонентов. Необходимо разработать технологическую схему, обеспечивающую переработку смеси карналлитовых и каинитовых руд с минимальными потерями по SO_4 . Необходимо определить технологию переработки с вовлечением дополнительных щелоков полигалитовых руд с целью компенсации нехватки SO_4 в технологическом цикле. Необходимо на фактических данных определить параметры извлечения полезного компонента и содержание в конечном продукте.

- Экономика. Необходимо провести более детализированную оценку капитальных и эксплуатационных затрат по всем основным дисциплинам (горная часть, технология, инфраструктура) для оценки экономических показателей будущего проекта.

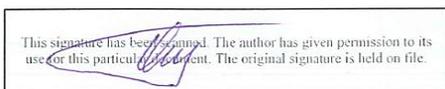
Авторы



This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.

Егорова Любовь

Главный геолог

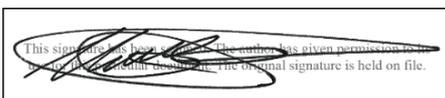


This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.

Оксана Благовестнова

Геолог

Рецензент



This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.

Тим Лакс

Главный геолог

Все данные, использованные в качестве исходных материалов, а также текст отчета, таблицы, рисунки и приложения к данному отчету были проверены и подготовлены в соответствии с общепринятой профессиональной практикой проведения технических и экологических исследований.

Форма учета распространения отчета SRK

Отчет No.

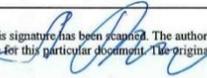
RU00838

Копия No.

1

Имя/Должность	Компания	Копия	Дата	Утверждено
	ООО «Калининградская Калийная Компания»	1	Ноябрь 2021 г.	Л. Егорова

Заверяющая подпись:



This signature has been scanned. The author has given permission to its use for this particular document. The original signature is held on file.