

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение

высшего профессионального образования  
Санкт-Петербургский горный университет



## Отработка мощных калийных пластов комбинированными системами с селективным извлечением сильвинитовых слоев

Выполнил : ассистент профессора  
студент группы ТПП-12

Волчок М.С.

Научный руководитель:

к.т.н., доцент каф. РМПИ

Сиренко Ю.Г.

# Строение нижнего сильвинитового (III калийного) пласта

Слой	Наименование слоев	т, м	КСI, %	Н.О., %
VI		0.25	45.17	4.98
V-VI		0.75	6.28	18.66
V		0.20	40.97	6.38
IV-V		0.69	5.53	18.20
IV	Верхний слой Третьего калийного пласта	1.25	35.8	7.53
III-IV		0.97	1.52	7.19
III	Нижний слой Третьего калийного пласта	0.83	38.00	3.65
II-III		0.53	6.89	7.05
II		0.65	51.28	2.16
I-II		0.63	3.15	5.01
I		0.3	38.12	1.31
	Подстилающая каменная соль			

- сильвинит   
  - глина   
  - карналлит  
 - каменная соль   
  - доломит   
  - известняк

# Строение II калийного пласта

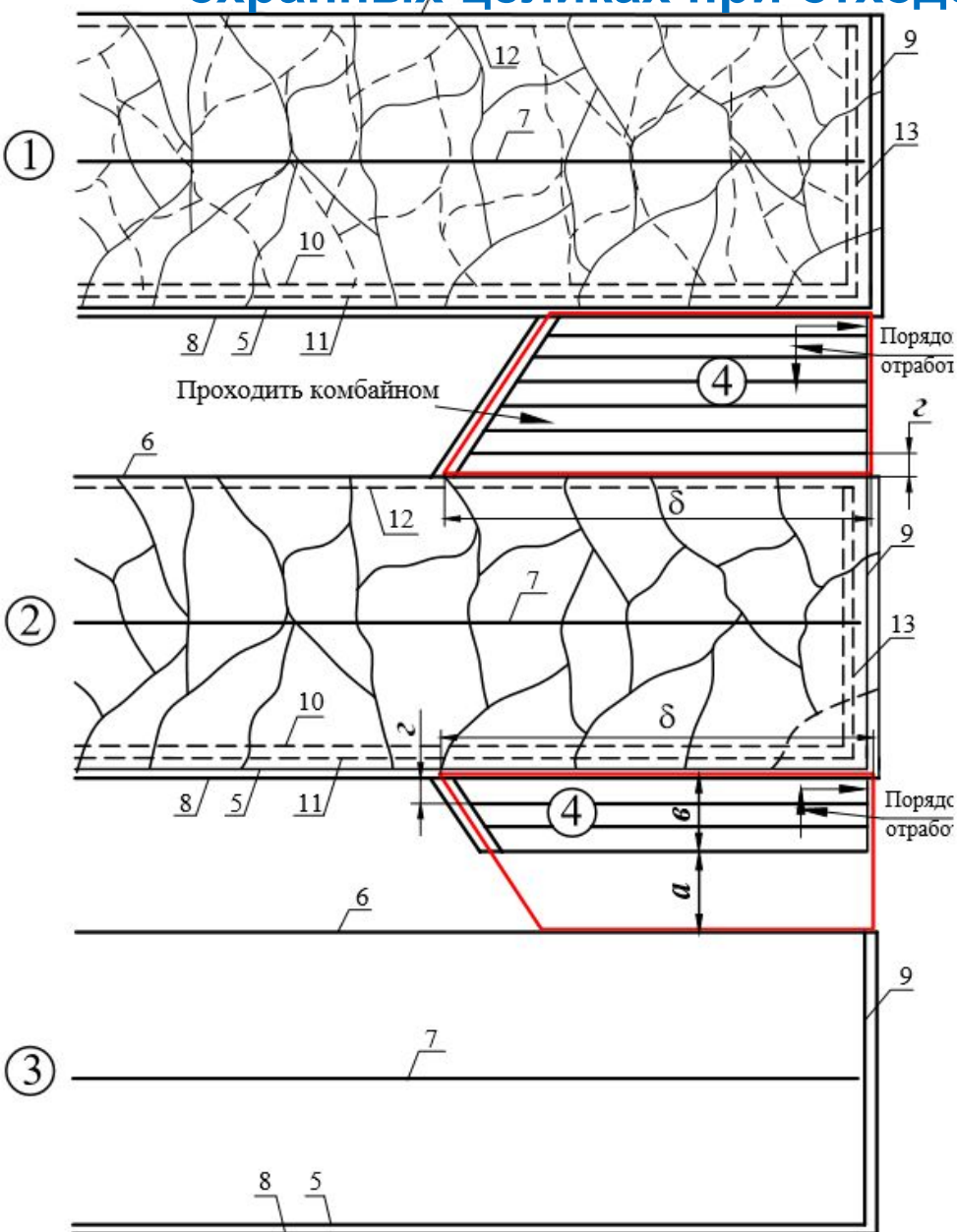
Слой	Наименование слоев	т, м	КСI, %	Н.О., %
II	Верхний сильвинитовый	0.76	35.64	4.89
I-II	Средний галитовый	0.63	2.60	9.09
I	Нижний сильвинитовый	0.89	38.60	4.24

- СИЛЬВИНИТ

- ГАЛИТ



# Схема создания зон «смягчения» позади лавы и в межстолбовых охранных целиках при отходе лав от монтажных штреков



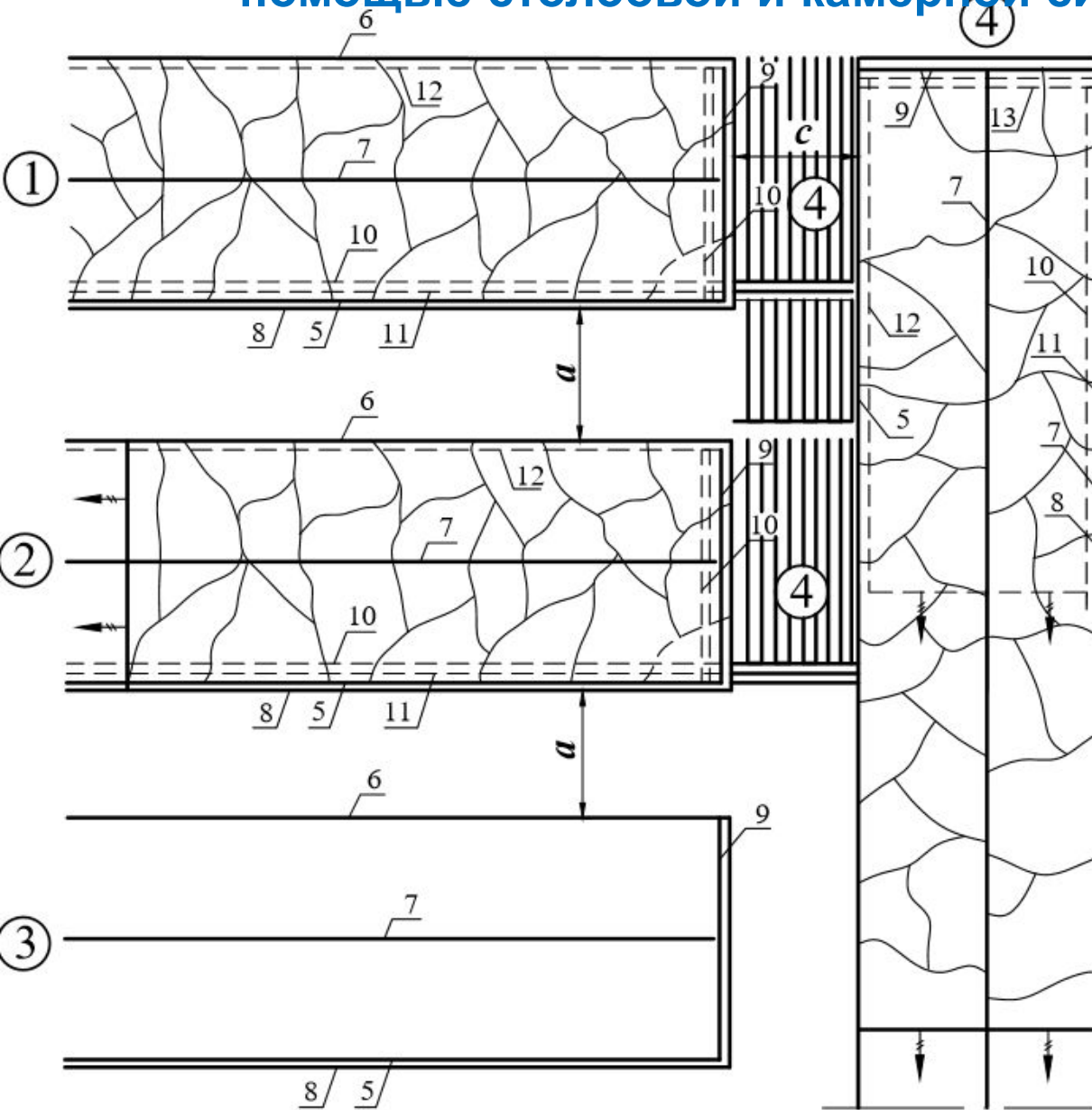
Слой	Наименование слоев	т, м	KCl, %	H.O., %
VI		0.25	45.17	4.98
V-VI		0.75	6.28	18.66
V		0.20	40.97	6.38
IV-V		0.69	5.53	18.20
IV	Верхний слой Третьего калийного пласта	1.25	35.8	7.53
III-IV		0.97	1.52	7.19
III	Нижний слой Третьего калийного пласта	0.83	38.00	3.65
II-III		0.53	6.89	7.05
II		0.65	51.28	2.16
I-II		0.63	3.15	5.01
I		0.3	38.12	1.31
	Подстилающая каменная соль			

■ – сильвинит     – глина     – карналлит  
■ – каменная соль     – голомит     – известняк

5, 6, 7, 8, 9 – конвейерный, транспортный, вентиляционный, разгружающий и монтажные штреки верхней лавы соответственно;  
 10, 11, 12, 13 – конвейерный, транспортный, вентиляционный и монтажные штреки нижней лавы соответственно

①②③ - номер выемочного столба; ④ - зона "смягчения"

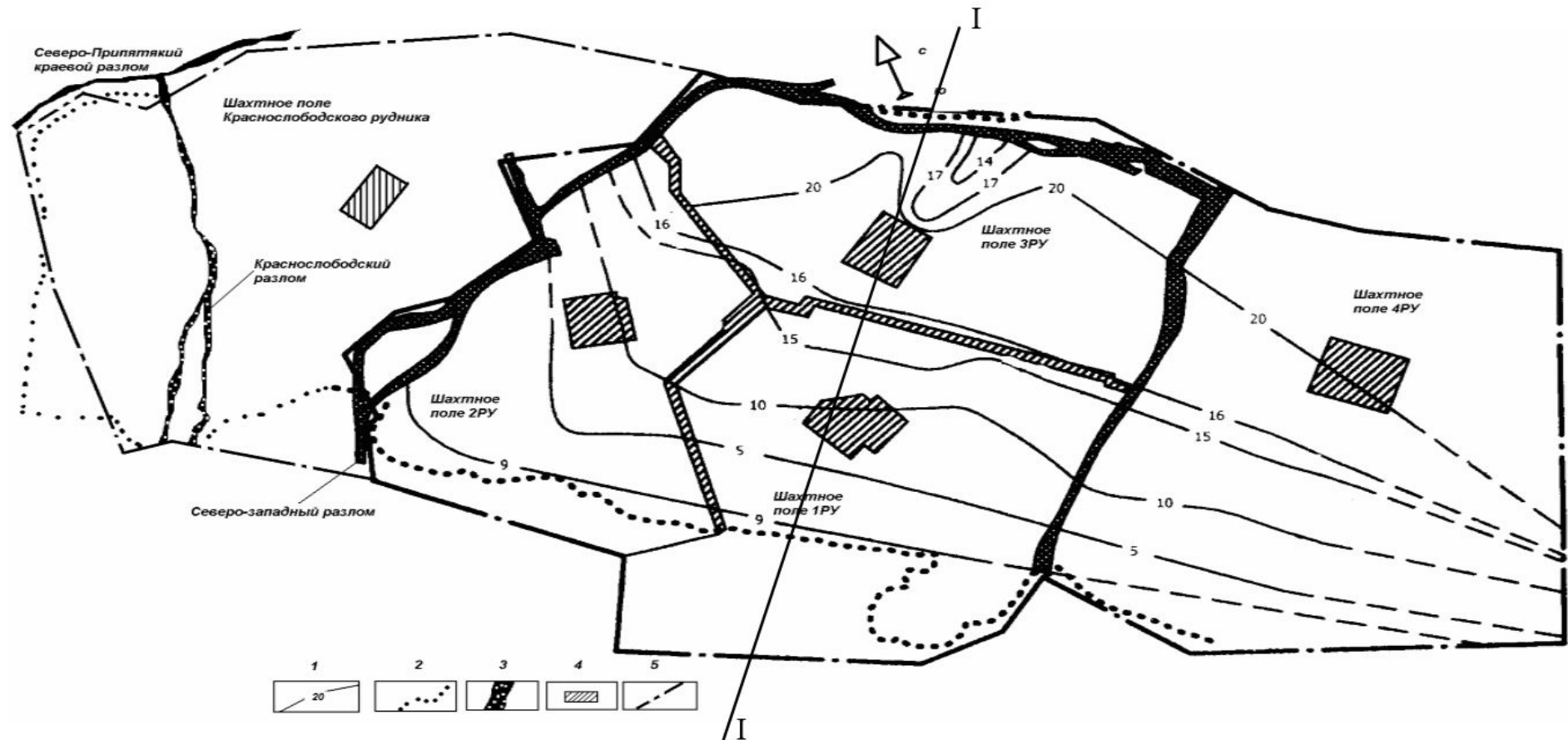
# Схема создания зон «смягчения» позади монтажных штреков лав с помощью столбовой и камерной систем разработки



5, 6, 7, 8, 9 – конвейерный, транспортный, вентиляционный, разгружающий и монтажные штреки верхней лавы соответственно;  
 10, 11, 12, 13 – конвейерный, транспортный, вентиляционный и монтажные штреки нижней лавы соответственно

①②③ - номер выемочного столба; ④ - зона "смягчения"

# Схема геолого-промышленного районирования Старобинского месторождения

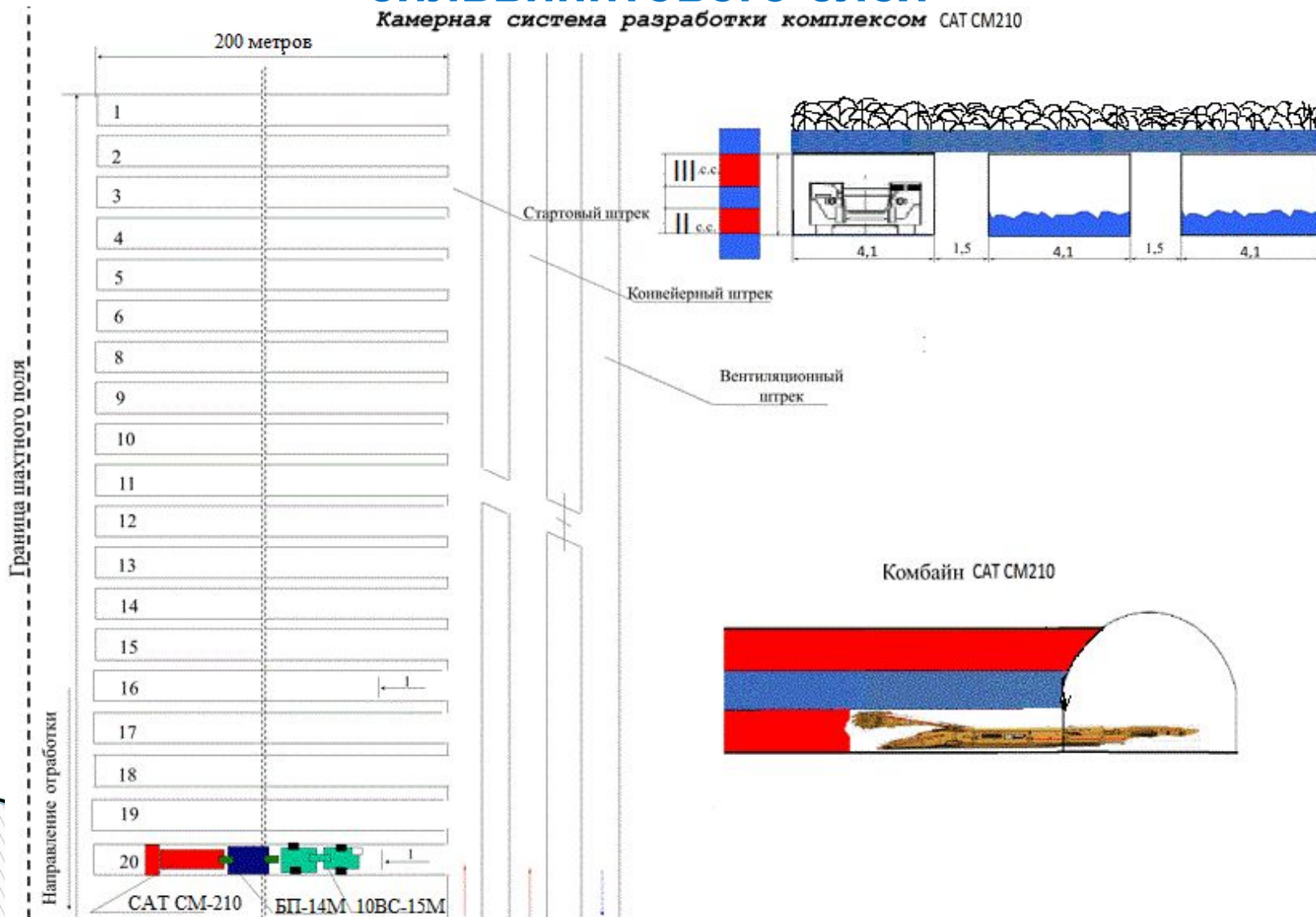


- 1 - изолинии содержания слабых прослоек; 2 – контур выклинивания Третьего калийного пласта; 3 – тектонические нарушения; 4 – целики; 5 – границы шахтных полей

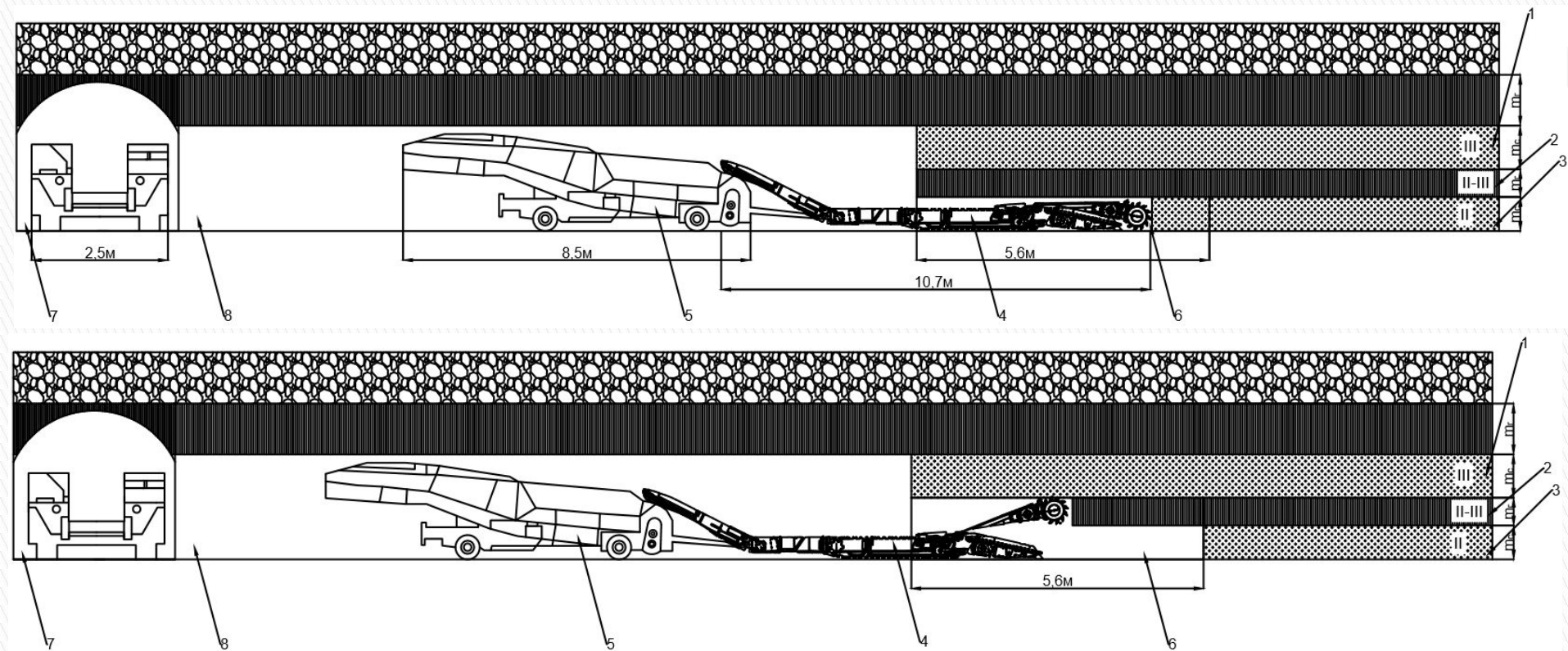


# Принципиальная технологическая схема селективной камерной выемки нижнего СИЛЬВИНИТОВОГО СЛОЯ

Камерная система разработки комплексом CAT CM210

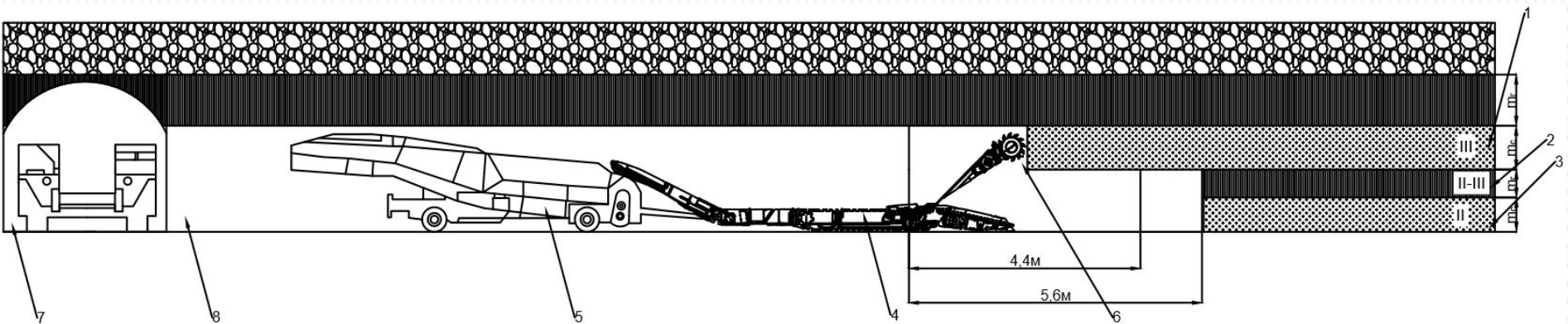
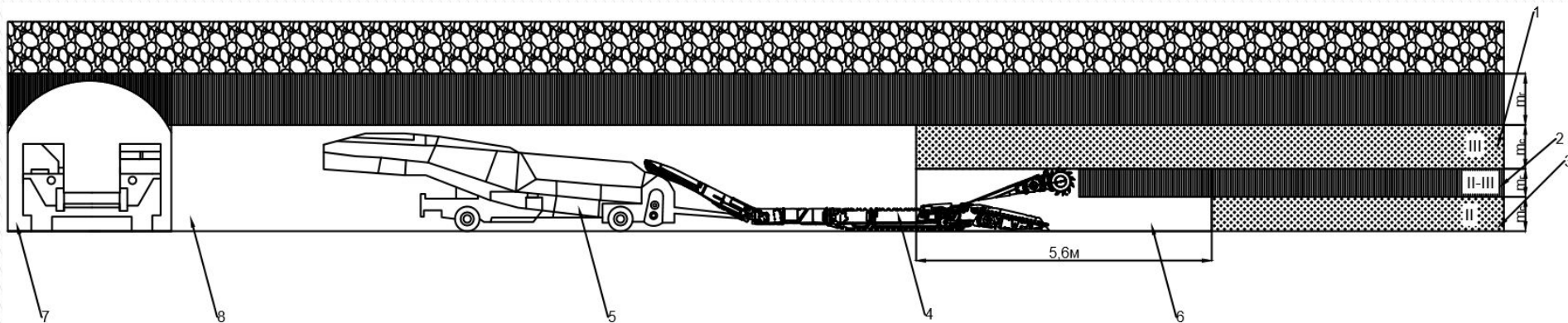


# Способ разработки послойного извлечения мощных калийных пластов RU 2 722 137 C1



- 1-Верхний слой сильвинита (the top layer of sylvite);
- 2-Слой галита (layer of halite);
- 3-Нижний слой сильвинита (the bottom layer of sylvite);
- 4-Добычной комбайн (mining harvester );
- 5-Транспортное средство (transport support);
- 6-Отрабатываемая камера (excavated chamber);
- 7-Подготовительная выработка (development workings);
- 8-Заезд (entry into working);

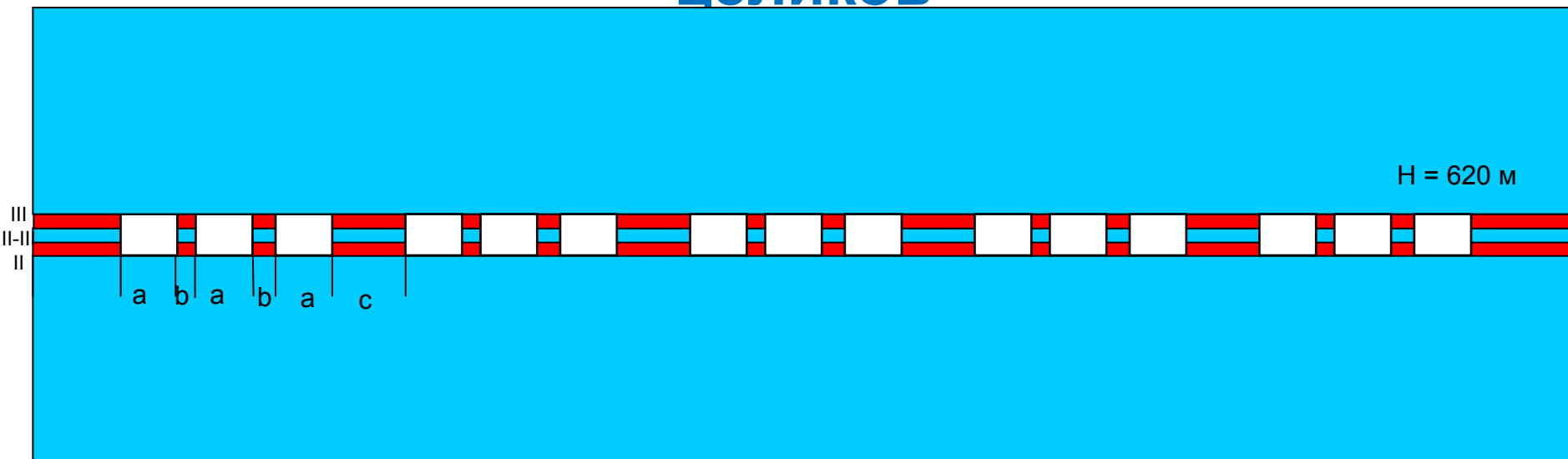
# Способ разработки послойного извлечения мощных калийных пластов RU 2 722 137 C1



- 1-Верхний слой сильвинита (the top layer of sylvite);
- 2-Слой галита (layer of halite);
- 3-Нижний слой сильвинита (the bottom layer of sylvite);
- 4-Добычной комбайн (mining harvester );
- 5-Транспортное средство (transport support);
- 6-Отрабатываемая камера (excavated chamber);
- 7-Подготовительная выработка (development workings);
- 8-Заезд (entry into working);



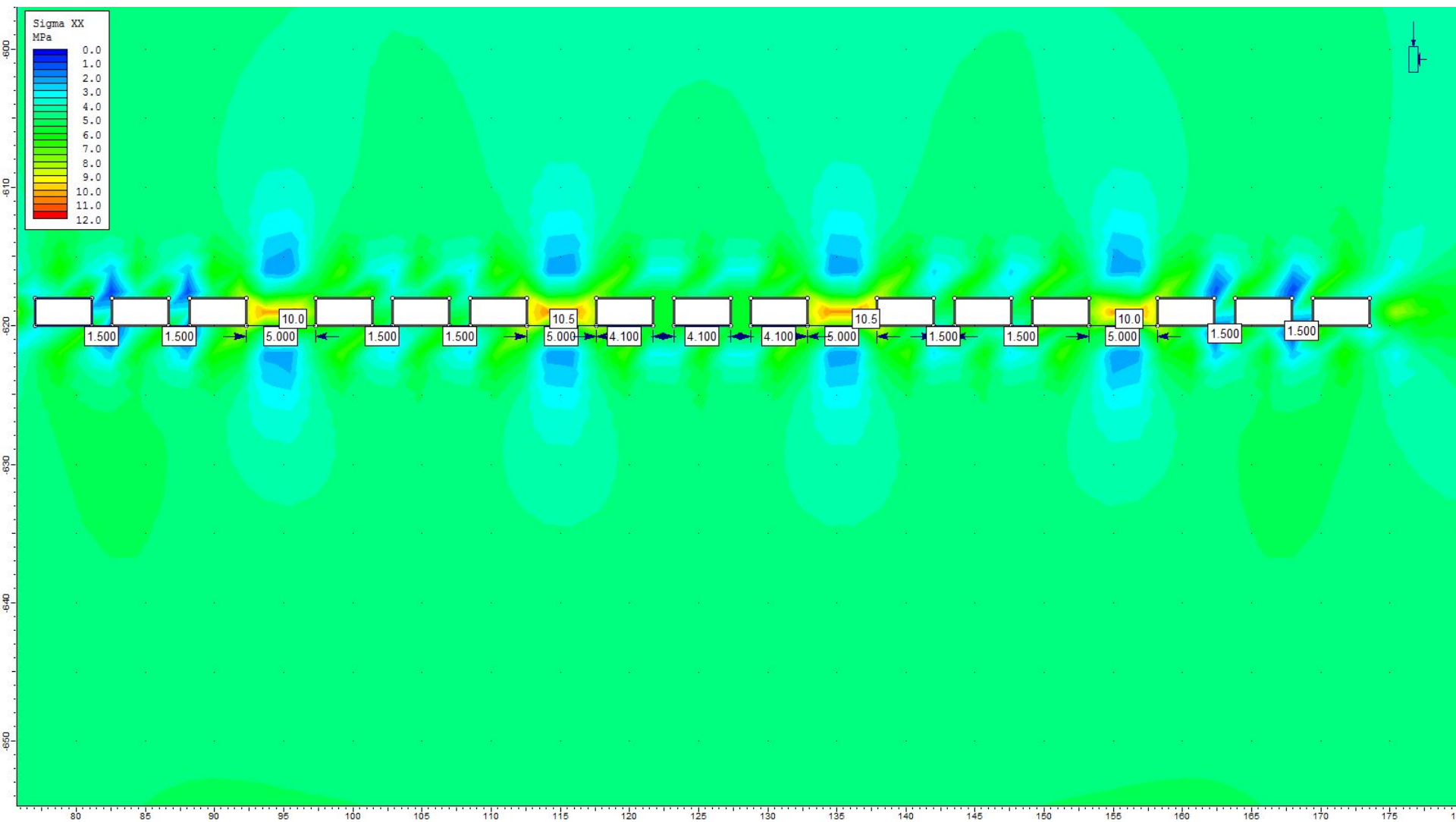
# Компьютерное моделирование с целью определения устойчивых размеров камер и целиков



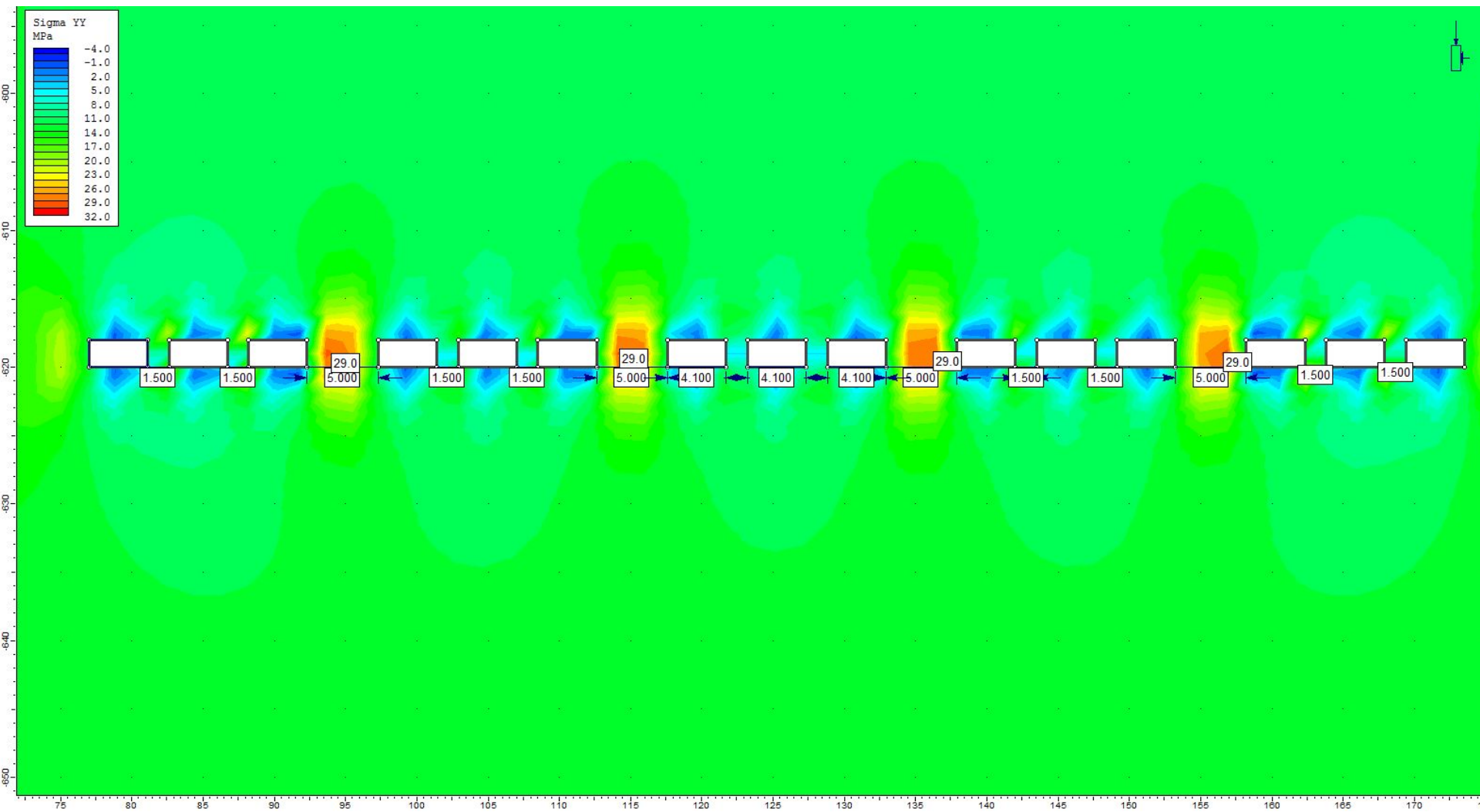
Модель расчета НДС массива при камерной системе разработки с трехходовыми камерами и оставлением жестких целиков

$a=4,1$  м  
 $b=1,5$  м  
 $c=5$  м

# Напряжения по оси X



# Напряжения по оси Y



# Экономическая эффективность

Приведенные затраты:

$$\Pi = \frac{\mathcal{E} + E \cdot K}{A}$$

Где:  $\mathcal{E}$  – суммарные годовые эксплуатационные затраты, у.е.;

$E$  – коэффициент эффективности капиталовложений,  $E=0,15$ ;

$K$  – капитальные затраты, у.е.;

$A$  – объем произведенного концентрата, т.

Расчет приведенных затрат по I варианту при работе одного комбайна Урал 10КС:

$$\Pi = \frac{\mathcal{E} + E \cdot K}{A} = \frac{5497258 + 0,15 \cdot 5 \cdot 10^6}{238063,61} = 26,24 \text{ у.е./т}$$

Расчет приведенных затрат по II варианту при работе одного комбайна САТ СМ210:

$$\Pi = \frac{\mathcal{E} + E \cdot K}{A} = \frac{10370226 + 0,15 \cdot 15 \cdot 10^6}{1035192,6} = 12,19 \text{ у.е./т}$$

Таким образом, по результатам расчета приведенных затрат по первому (при работе одного комбайна Урал-10КС) и второму (при работе одного комбайна САТ СМ210) технологическому варианту видно, что второй вариант экономически эффективнее на 14 у. е. за одну тонну концентрата.



# Заключение

1. Разработаны эффективные технологические схемы селективного доизвлечения запасов калийных руд
2. Обоснованы горно-геомеханические параметры технологической схемы (ширина камер и целиков)
3. За счет снижения разубоживания повышается содержание полезного компонента (КСИ) в рудной массе, поступающей на обогатительную фабрику
4. Сокращение площади под складирование отвалов, что влечёт за собой положительный экологический эффект от снижения засоления земельных угодий
5. Доказана экономическая целесообразность предложенных решений.

В ходе исследований было опубликовано 3 патента, 5 печатных работ.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

**ОБЪЕМ ДОБЫЧИ РУДЫ В НАТУРЕ ГОРНЫМИ БРИГАДАМИ**

№№ п/п	Марка и № комбайна	Объем добычи руды в натуре (тонн)		
		2014 год	2 0 1 5 год	
			план	факт

**РУДНИК ПЕРВОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ**

1	Урал-10А № 94	350 880	229 539	230 716
2	Урал-10А № 103	351 474	207 650	209 560
3	Урал-10А № 114	240 527	205 031	207 140
4	Урал-10А № 123	278 579	204 430	206 819
5	Урал-10А № 102	147 795	254 367	257 049
6	КПО-10,5А №2	26 341	218 636	221 972

**РУДНИК ВТОРОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ**

7	КРП-3 № 3	149 390	220 490	225 047
8	ПКС-8 № 11	173 117	246 070	249 942
9	ПКС-8 № 16	220 218	167 478	174 763

**РУДНИК ТРЕТЬЕГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ**

10	ПКС-8 № 105	214 086	164 800	171 503
11	ПКС-8 № 106	143 087	154 000	165 333

**РУДНИК ЧЕТВЕРТОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ**

12	КРП-3 № 2	247 254	176 200	186 493
13	СМ-2В	75 919	85 545	91 142

Наименование параметра	Сильвин	Каменная соль
Предел прочности на растяжение, МПа	3,01	3,01
Предел прочности на сдвиг, МПа	0,3	0,3
Модуль Юнга, Па	$8 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$
Коэффициент Пуассона	0,33	0,33
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2100	2200
Угол внутреннего трения, град	30	35



### Параметры выемки комбайном Урал-10КС

Параметры	Значение
Ширина хода, м ( $b_x$ )	4,1
Высота хода, м ( $h_x$ )	2,4
Производительность, т/мин (Птех)	4
Скорость холостого хода, м/мин ( )	10

### Параметры выемки комбайном САТ СМ210

Параметры	Значение
Ширина хода, м ( $b_x$ )	4,1
Высота хода, м ( $h_x$ )	0,7
Производительность, т/мин (Птех)	15
Скорость холостого хода, м/мин	20

### Заработная плата для обоих вариантов

Рабочие	Зарплата, у.е.	Начисления на з/пл, у.е.	Итого, у.е.
Оператор комбайна	55	14,3	69,3
Оператор с/х вагона	50	13	63
Оператор конвейера	45	11,7	56,7
Дежурный эл. слесарь	45	11,7	56,7
		Итого в смену	245,7
		Итого в месяц	22113
		Итого в месяц + ИТР	26613

Показатели	Урал 10КС	Bucyrus 25M0
Суммарная з/пл, у.е./мес	31716	31716
Амортизационные отчисления, у.е./мес	125500	325000
Затраты на эл.энергию, у.е./мес	30681	23949
Затраты на материалы, у.е./мес	187897	380665
Участковая себестоимость 1т руды, у.е./т	3,25	3,01
Себестоимость обогащения, у.е./т	5	3,51
Себестоимость 1т концентрата, у.е./т	8,25	6,52