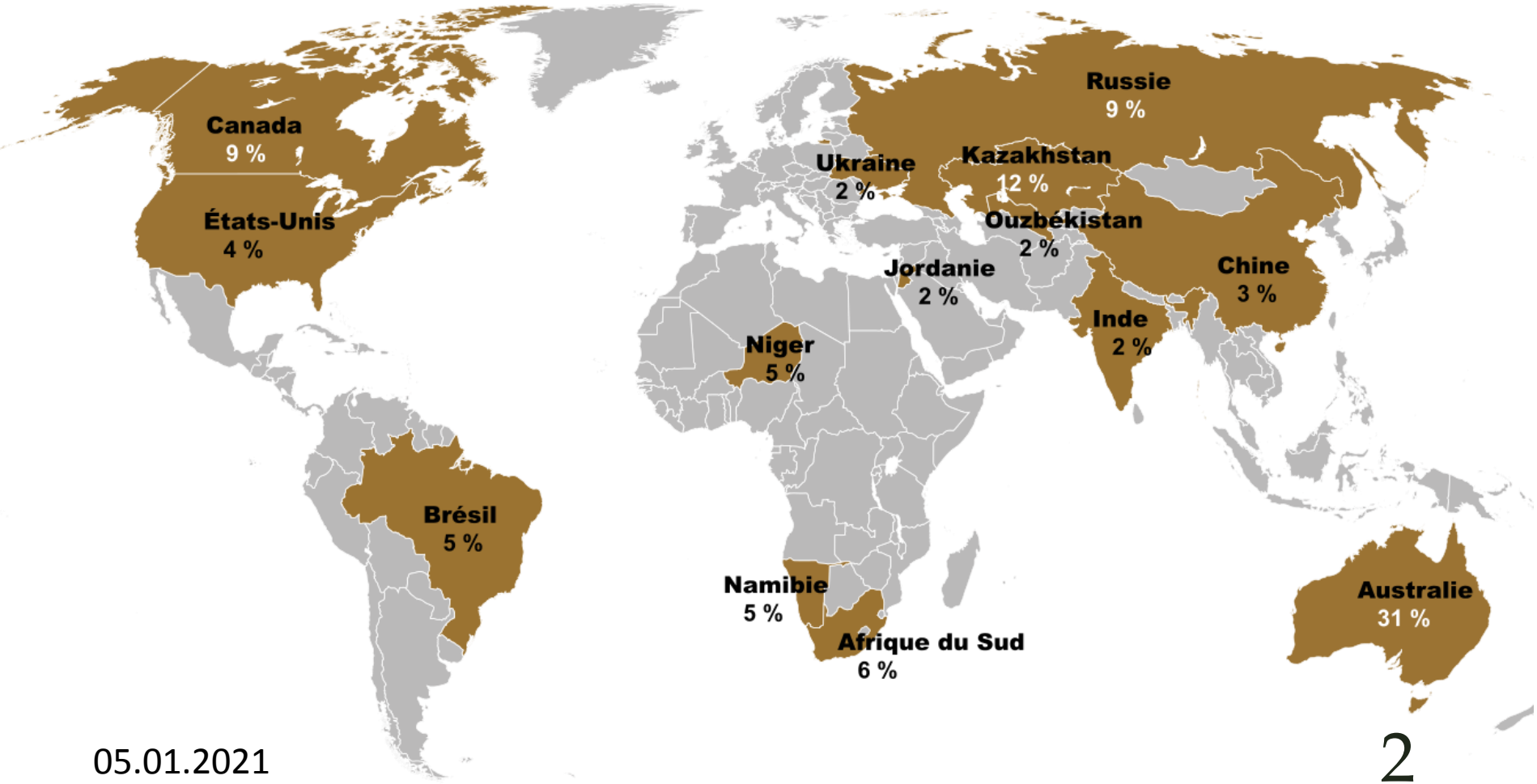
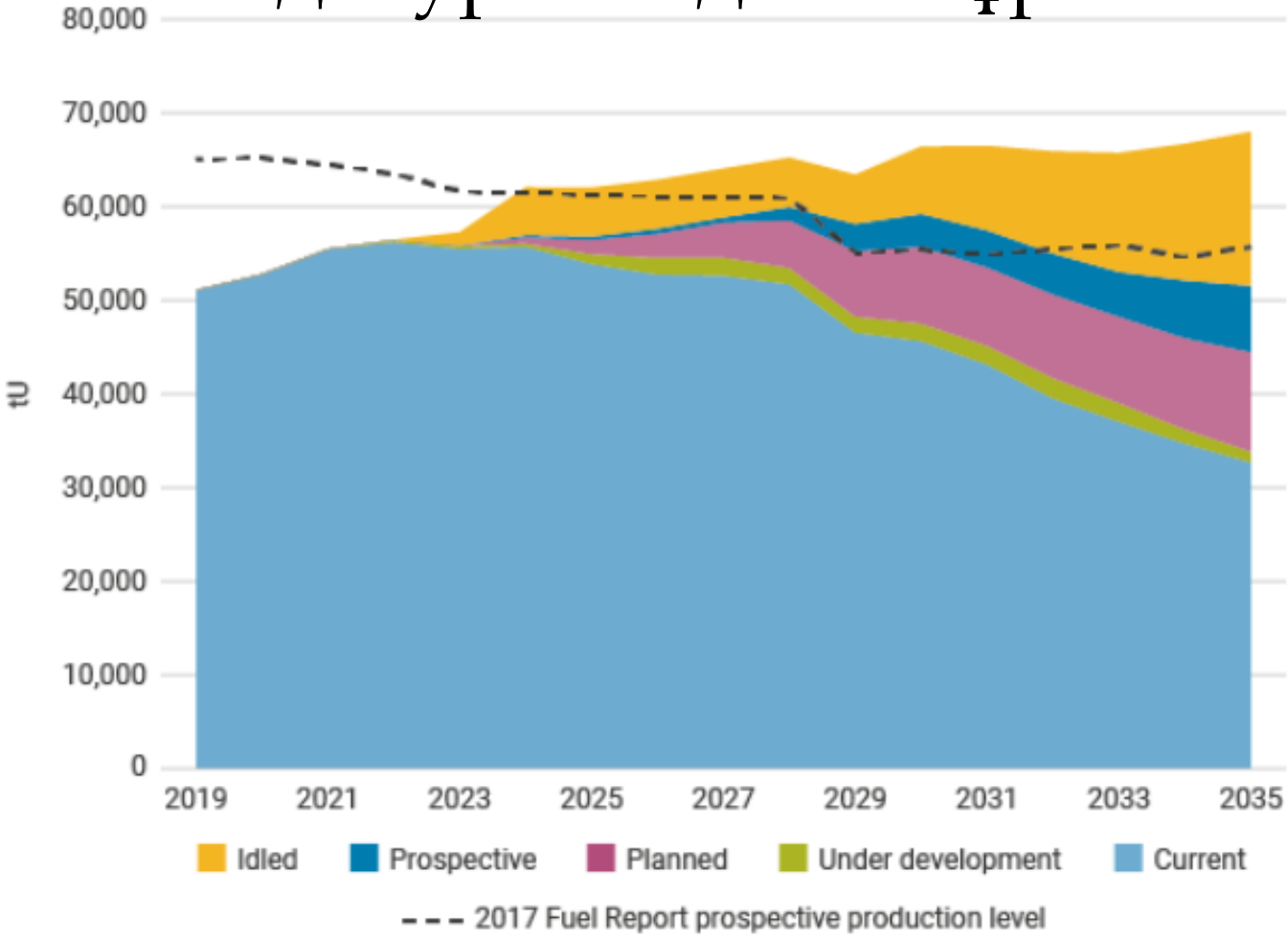
Жер асты шаймалау әдісімен тау-кен жұмыстарында уран кен орындарының жұмыс режимдерін оңтайландыру

Магистрант: Бақыт А.
Ғылыми жетекші: Туралина Д.
Тунгатарова М.

Уран өндірісінің көшбасшылары



Әлемдік уранға деген сұраныс



Зерттеу өзектілігі

Жыл сайын азаматтық мақсаттағы уранға деген сұраныс артып келеді, дегенмен уранның жетіспеушілігі уран ресурстарының тапшылығын білдіреді

Жұмыстың мақсаты

Тау-кен орны үшін оңтайлылық критерийлерін анықтау

Тау-кен орындарында қолданылатын бірқатар мүмкін ашылу схемаларын таңдау

Таңдап алынған модельді орналасу схемаларына арналған гидродинамикалық ,химиялық модельдерді құру;

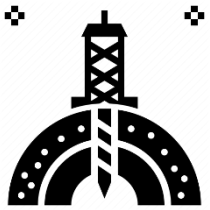
Таңдалған схемалар бойынша экономикалық тиімділікті есептеу

Технологиялық ұңғымаларды орналастырудың рационалды схемалары мен параметрлері негізінде уранды шаймалау тиімділігін арттыру

Кен орнының өндіру кезеңдері

Геологиялық, геофизикалық зерттеулер

Жобалау және болжам

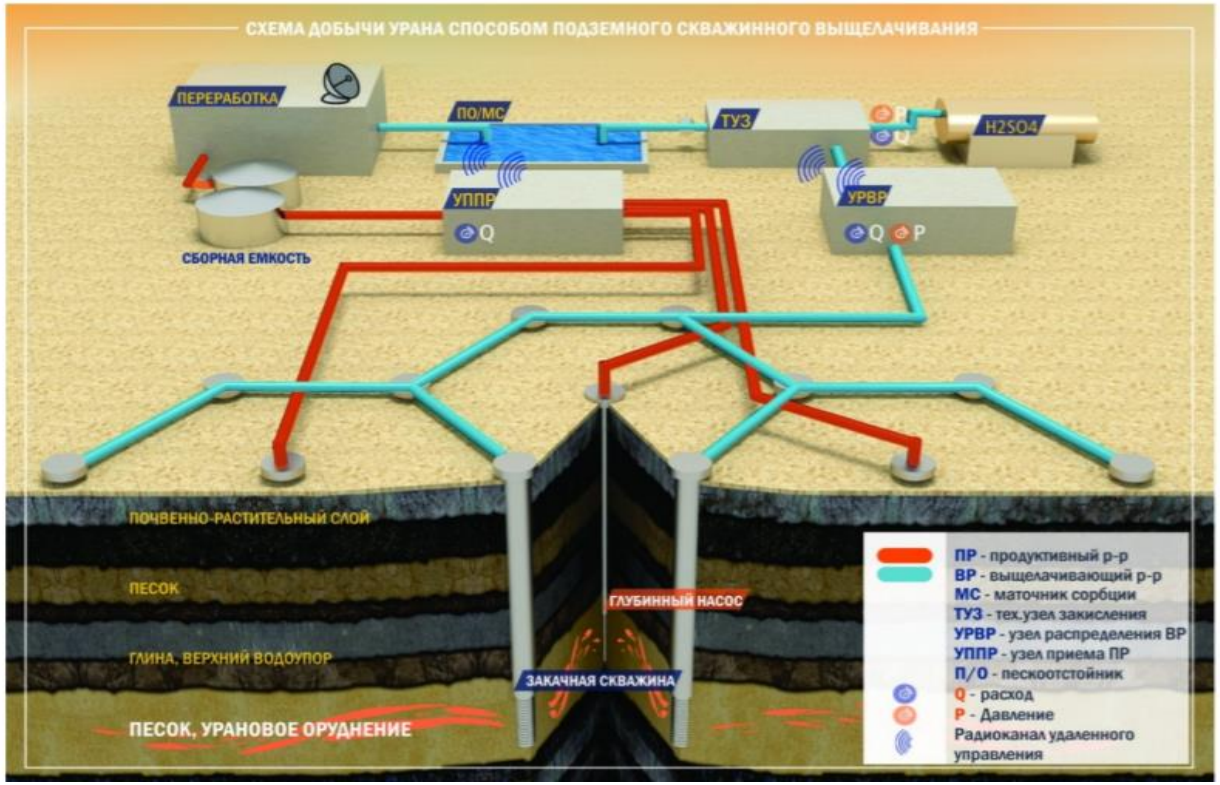


Технологиялық ұңғымаларды бұрғылау

Эксплуатация

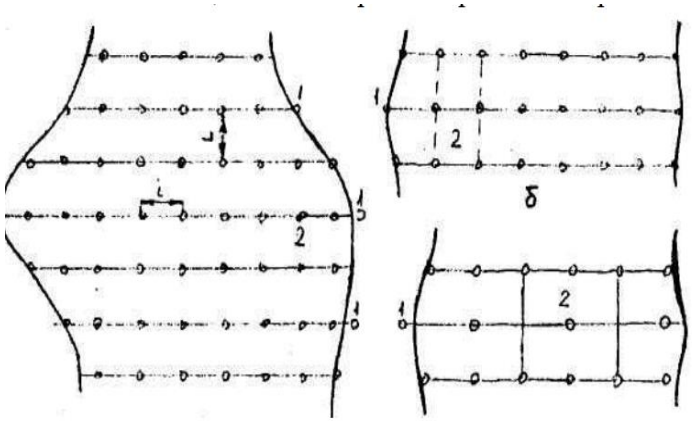
Эксплуатациядан шығару

Жер асты ұңғымалық шаймалау әдісі

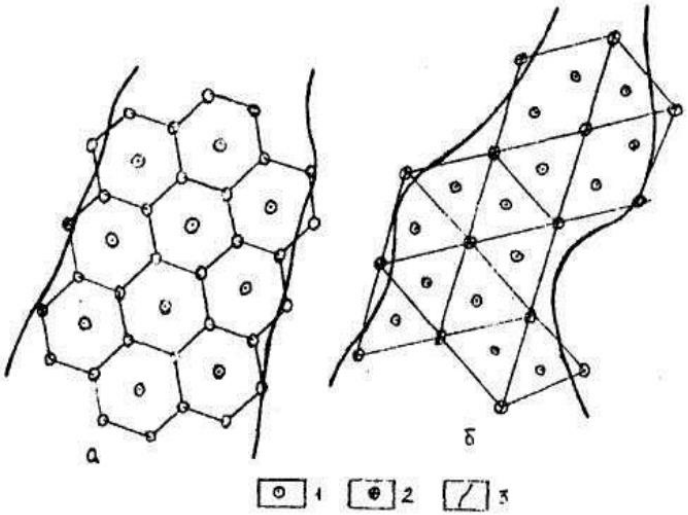


- Әлемде уранның 57 % ЖҰШ әдісімен өндіріледі.
- Төменгі капиталды және эксплуатациялық шығындар
- Қауіпсіз және экологиялылығы

Тау-кен орнының ашылу схемалары



Сызықты схема



Гексагональды схема

ЖҰШ әдісімен уран өндірудің математикалық моделі

Гидродинамикалық модельдеу ⇨

Дарси заңы

Массаның сақталу заңы

Химиялық модельдеу ⇨

Ерітіндінің концентрациясы

Еріген минералдың концентрациясы

Қатты минералдың концентрациясы

Өндіріс режимдерін экономикалық бағалау ⇨

Ұңғымаларды салуға кеткен шығын

Ерітіндіге кеткен шығын

Эксплуатациялық шығын

Жер асты ағындарының гидродинамикасын математикалық модельдеу

$$\frac{\partial(\varphi\rho)}{\partial t} + div\left(\rho\vec{U}\right) = 0$$

Массаның сақталу заңы

$$\vec{U}\varphi = -\frac{K}{\mu_w} gradP = -K_f gradh$$

Дарси заңы

$$div\left(-K_f gradh\right) = \sum_{i=1}^{Ni} Qinj_i \delta(x-\xi_i, y-\eta_i) - \sum_{p=1}^{Np} Qprod_p \delta\left(x-x_p, y-y_p\right)$$

Қысымның таралуы

Химиялық реакциялардың кинетикасын математикалық модельдеу

$$\underbrace{UO_3}_{\substack{\text{қатты минерал } (sm)\\ \text{уранинит}}} + \underbrace{H_2SO_4}_{\substack{\text{ерітінді } (ls)\\ \text{күкірт қышқылы}}} \xrightarrow{k1} \underbrace{UO_2SO_4}_{\substack{\text{еріген минерал } (ps)\\ \text{уран сульфаты}}} + \underbrace{H_2O}_{\text{су}}$$

$$\frac{\varphi \partial C_{LS}}{\partial t} + \underbrace{\vec{U} grad C_{LS}}_{\text{алмасу}} - \underbrace{div(D_{LS}\, grad C_{LS})}_{\text{дисперсия}}$$
$$= -\underbrace{k_1 C_{LS} C_{SM}}_{реакция} + \underbrace{\sum_{i=1}^{Ni} Q_d \delta(x-\xi_i, y-\zeta_i, z)\, C_{LS}^0}_{\text{айдаушы ұңғыма}} - \underbrace{\sum_{p=1}^{Np} Q_p \delta(x-x_p, y-y_p, z)\, C_{LS}}_{\text{өндіруші ұңғыма}}$$

$$\frac{\varphi \partial C_{PS}}{\partial t} + \vec{U} grad C_{PS} - div(D_{PS}\, grad C_{PS}) = k_1 C_{LS} C_{SM} - \sum_{p=1}^{Np} Q_p \delta(x-x_p, y-y_p, z)\, C_{PS}$$

C_{LS}, C_{PS} - ерітінді мен еріген минералдың концентрациясы

D_{LS}, D_{PS} - фильтрация коэффициенттері

k_1-реакция жылдамдығыныі коэффициенті

Өндіріс режимдерінің оңтайлылығын экономикалық бағалау

Технологиялық ұңғымаларды салу шығыны $E_{WD}(N_i, N_p)$

Эксплуатциялық шығын $E_E(T$

Қышқылға кететін шығын $E_A(M)$

Толық өндірістік шығын E_T

Есепті шешуге арналған болжамдар

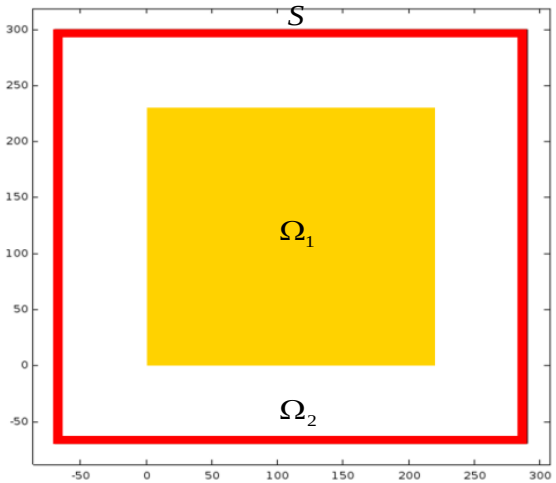
2D модель

Диффузия қарастырылмайды

Ұңғыманың шығыны уақыт бойынша тұрақты

Сығылмайтын сұйық

Жұмыс облысы және геометрия



Ω_1 -кенді аймақ

Ω_2 - кені жоқ аймақ

S- есептеліп отырған ауданның шекаралары

Variables

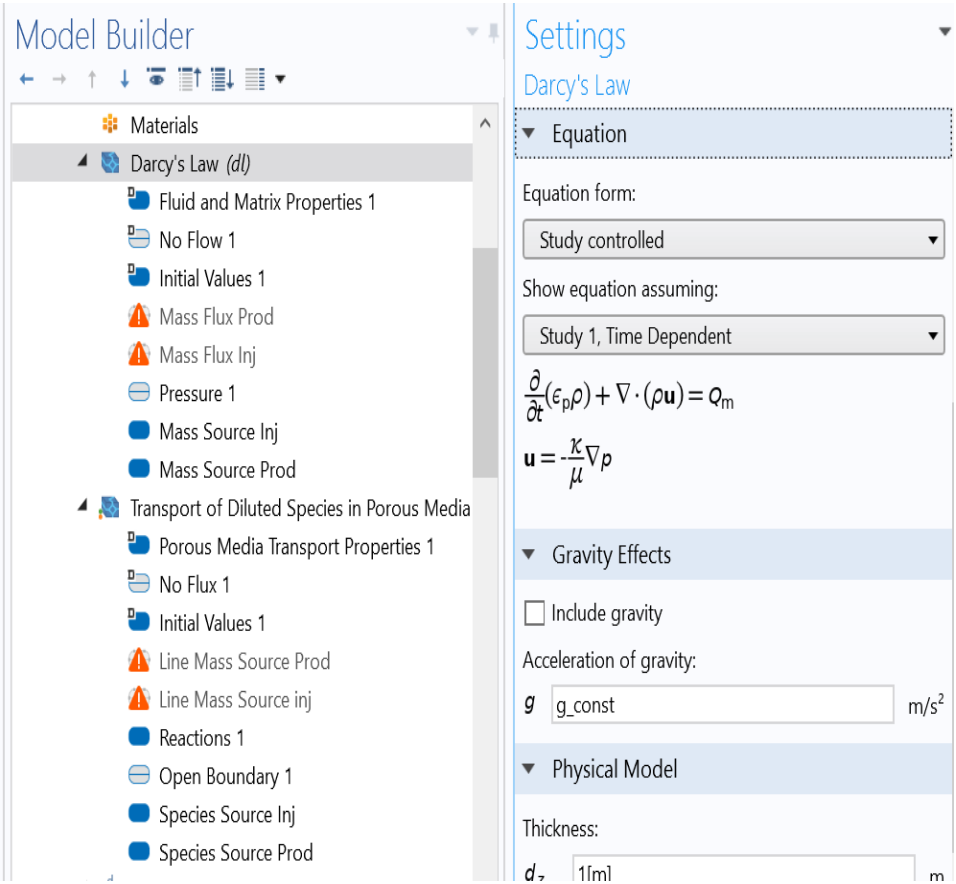
Name	Expression	Unit	Description
Qprod	-0.0027		debit of production well
phi	0.3		porosity
Swell	0.5024		
injprod	0.518		ratio N_p/ N_i
rhow	1000		density of fluid
muw	1e-3		dinamic viscosity
Cinj	203.9		concentration of leaching...
k	2e-12		permeability
Qprod1	-5.2*Qinj		
AvThick	8		
k1	8e-16		reaction rate coefficient
Qinj	-injprod*Qprod		debit of injection well

Блоктың параметрлері

Физикасы

Уақыт бойынша қысым мен гидравликалық екпін

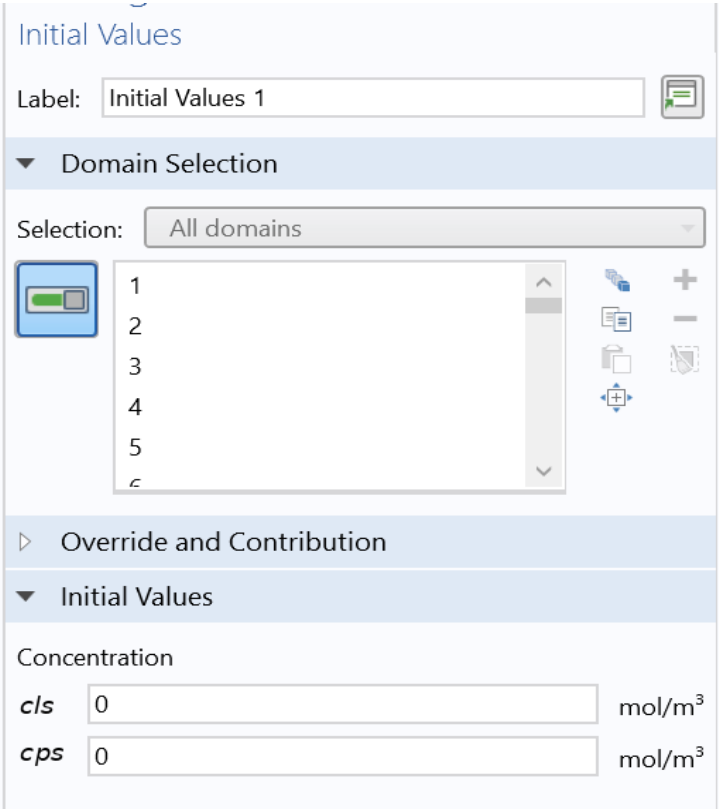
Кеуекті ортадаға еріген минералдың тасымалы



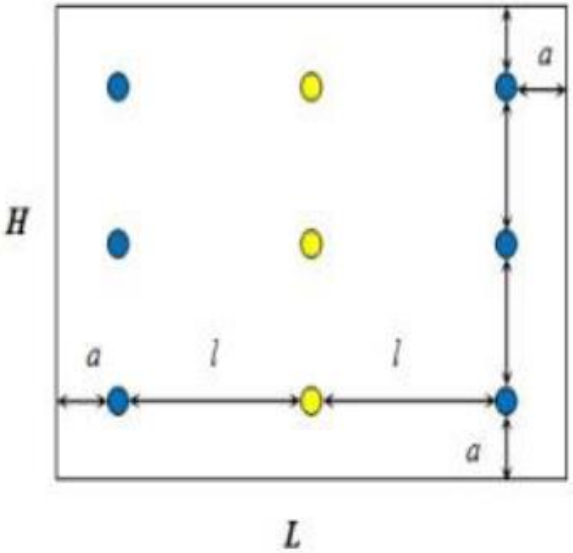
Бастапқы және шекаралық шарттар

$$C_{LS}(\vec{x},t) = 0, \qquad \vec{x} \in \Omega_1 \cup \Omega_2, \qquad t = 0$$
$$C_{PS}(\vec{x},t) = 0, \qquad \vec{x} \in \Omega_1 \cup \Omega_2, \qquad t = 0$$
$$C_{SM}(\vec{x},t) = C_{SM}^0, \qquad \vec{x} \in \Omega_1, \qquad t = 0$$
$$C_{SM}(\vec{x},t) = 0, \qquad \vec{x} \in \Omega_2, \qquad t = 0$$

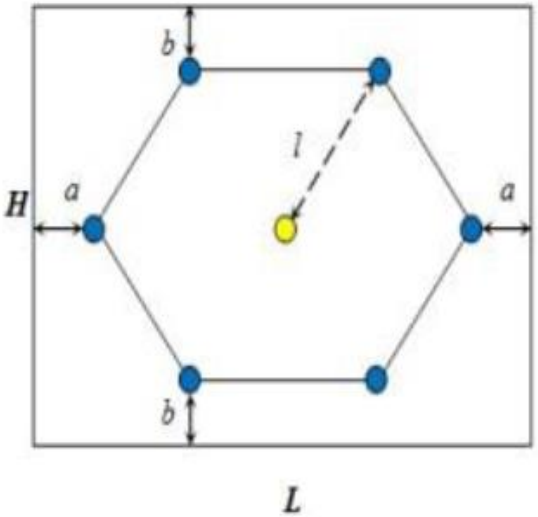
$$C_{LS}(\vec{x},t) = 0, \qquad \vec{x} \in S$$
$$C_{PS}(\vec{x},t) = 0, \qquad \vec{x} \in S$$



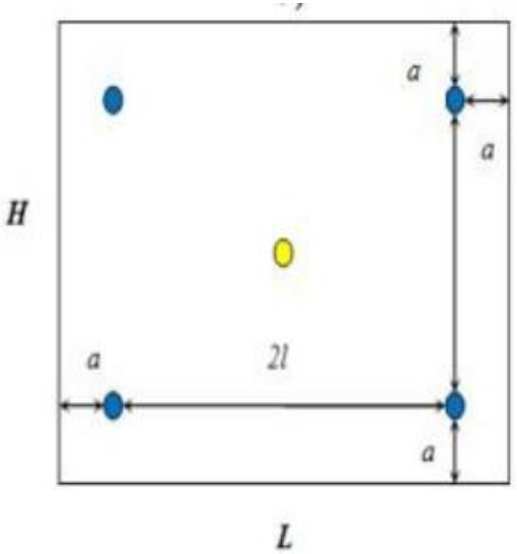
Әр түрлі қашықтықтағы схемаларға арналған ұңғымалардың параметрлерін зерттеу



а)сызықты



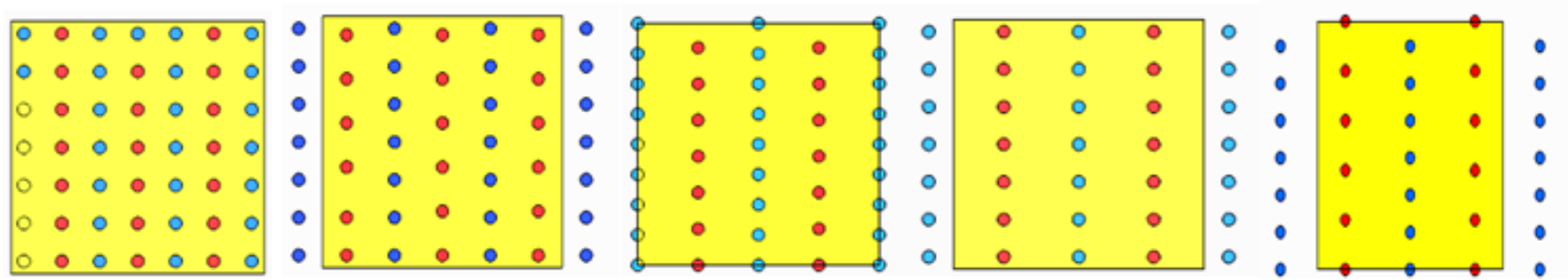
б)гексагональды



с) квадрат

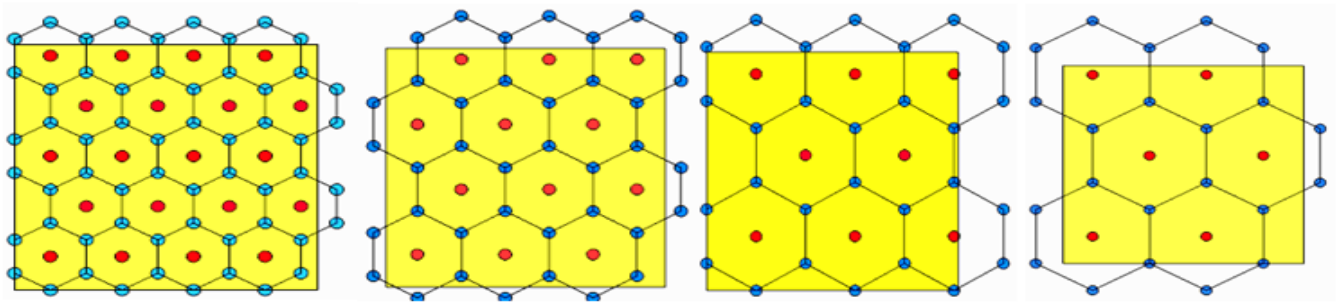
Ұңғымалардың орналасу схемалары

Ұңғымалардың орналасу режимдері



a)30*30*30m b)30*35*40 c)25*30*50m d)30*30*60 m e)30*40*70 m

Сызықты схема



a) R=30 m b)R=40m c)R=50 m e)R=60m

Гексагональды схема

Өндірістің тиімділігін арттыру үшін ұңғымалар арасындағы оңтайлы қашықтықты анықтау үшін зерттеу

Режим	1	2	3	4	5
Айдаушы және өндіруші ұңғымалар арасындағы қашықтық, м	30	40	50	60	7 0
Барлық ұңғымалар саны	49	46	41	35	33
Өндіруші ұңғымалар саны	21	18	14	14	12
Айдаушы ұңғымалар саны	28	28	27	21	21
Бұрғылау схемасы (айд*өнд*қатар)	30*30*30	30*35*40	25*30*50	30*30*60	30*40*70
Өндіруші ұңғымалардың айдаушы ұңғымалар санына қатынасы	0,75	0,642	0,518	0,667	0,571

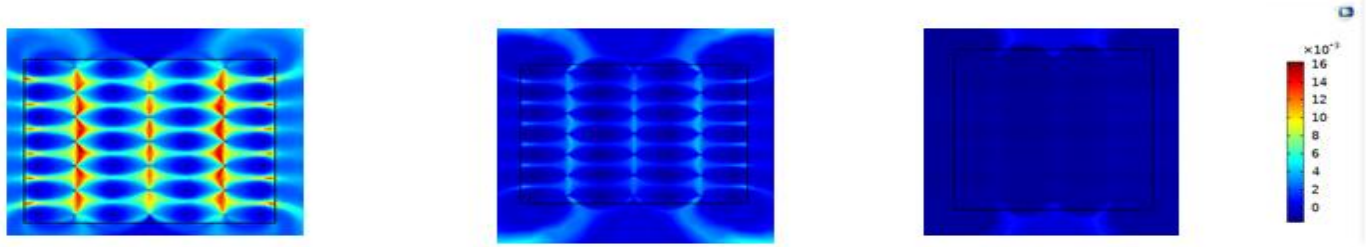
Сызықты схема режимі

Өндірістің тиімділігін арттыру үшін ұңғымалар арасындағы оңтайлы қашықтықты анықтау үшін зерттеу

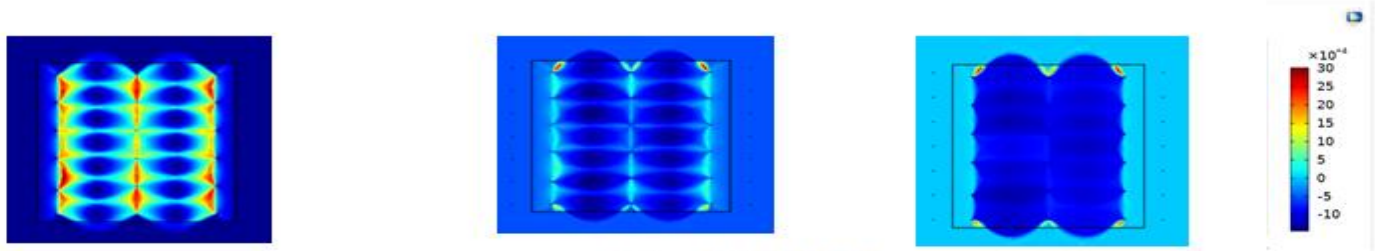
Режим	1	2	3	4
Айдаушы және өндіруші ұңғымалар арасындағы қашықтық, м	Гекса-30	Гекса-40	Гекса-50	Гекса-60
Барлық ұңғымалар саны	78	50	36	28
Өндіруші ұңғымалар саны	20	12	8	6
Айдаушы ұңғымалар саны	58	38	28	22
Өндіруші ұңғымалардың айдаушы ұңғымалар санына қатынасы	0.344	0.315	0.285	0.272

Гексагональды схема режимі

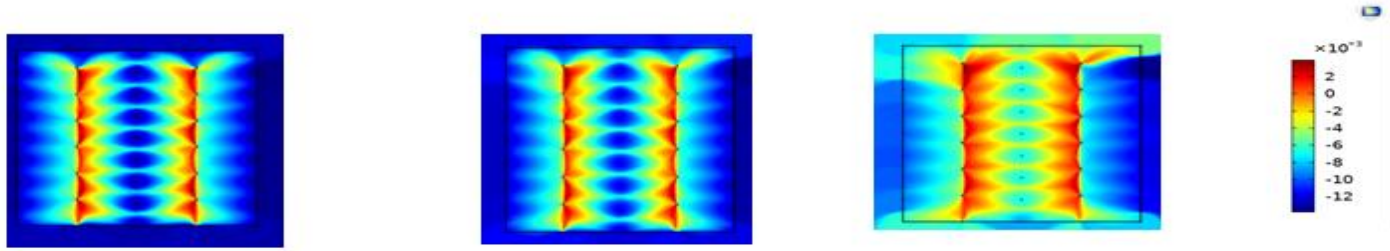
Нәтижелерге талдау:
Еріген минерал концентрациясының таралуы



a)r=30*30*30

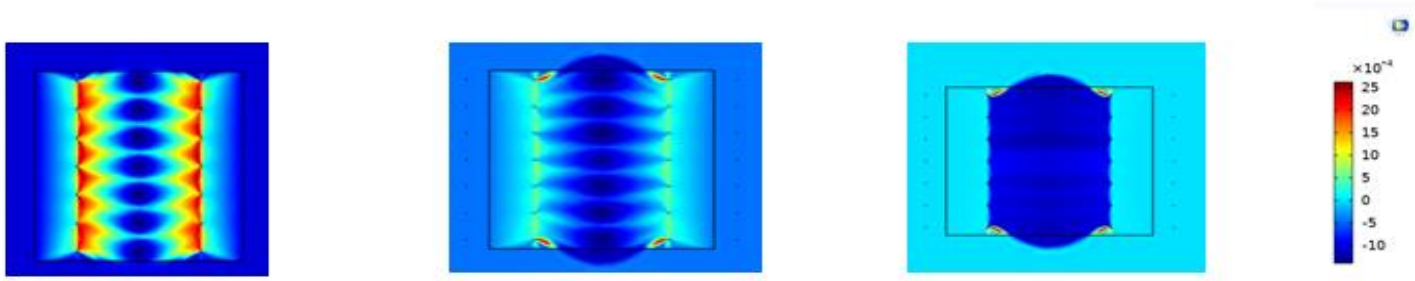


b) r=30*35*40

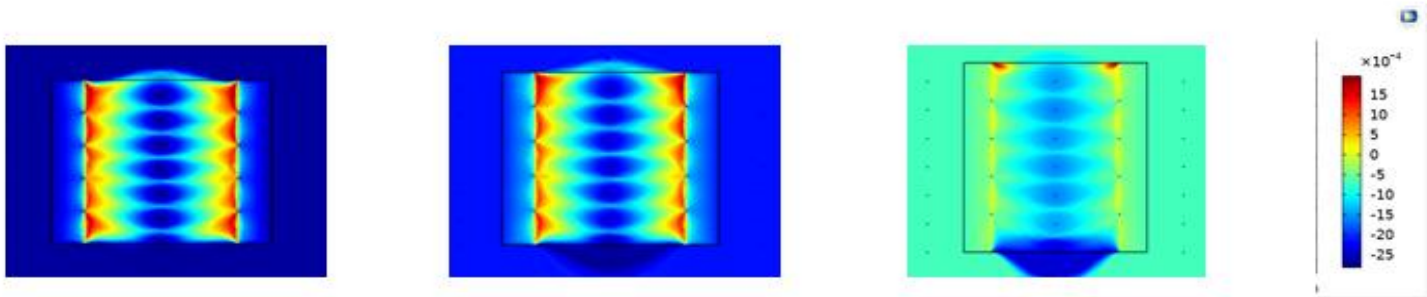


c) r=25*30*50

Сызықты схема үшін еріген минерал концентрациясының таралуы

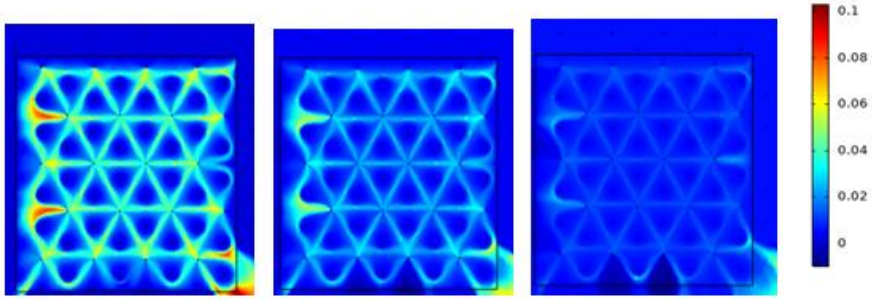


d)r=30*30*60

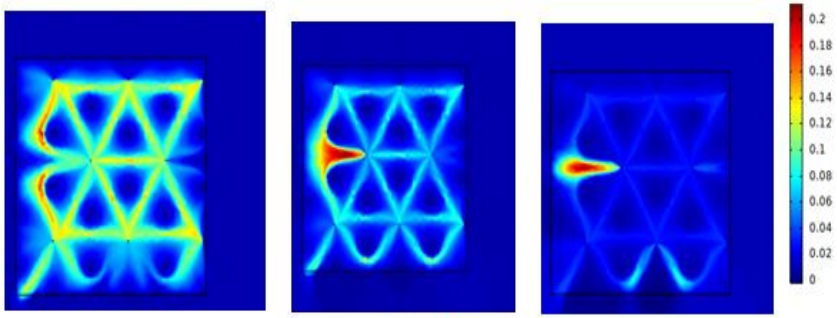


e)r=30*40*70

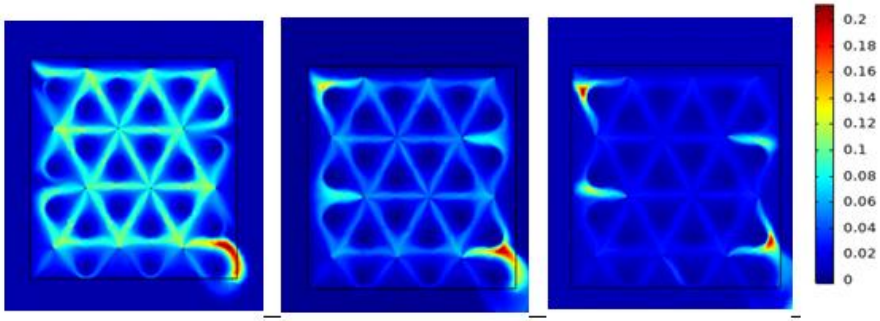
Гексагональды схема үшін еріген минерал концентрациясының таралуы



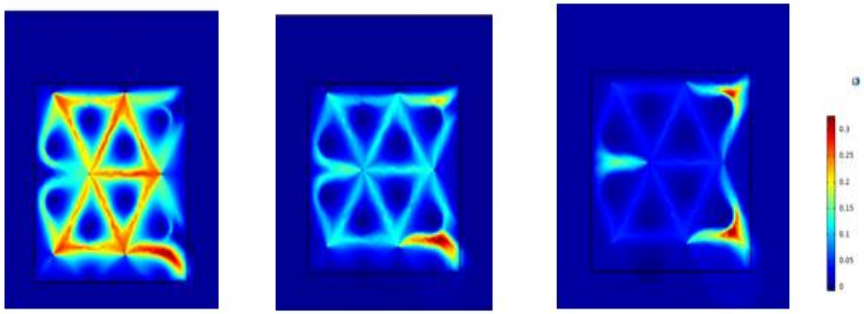
a)R=30m



c)R=50 m

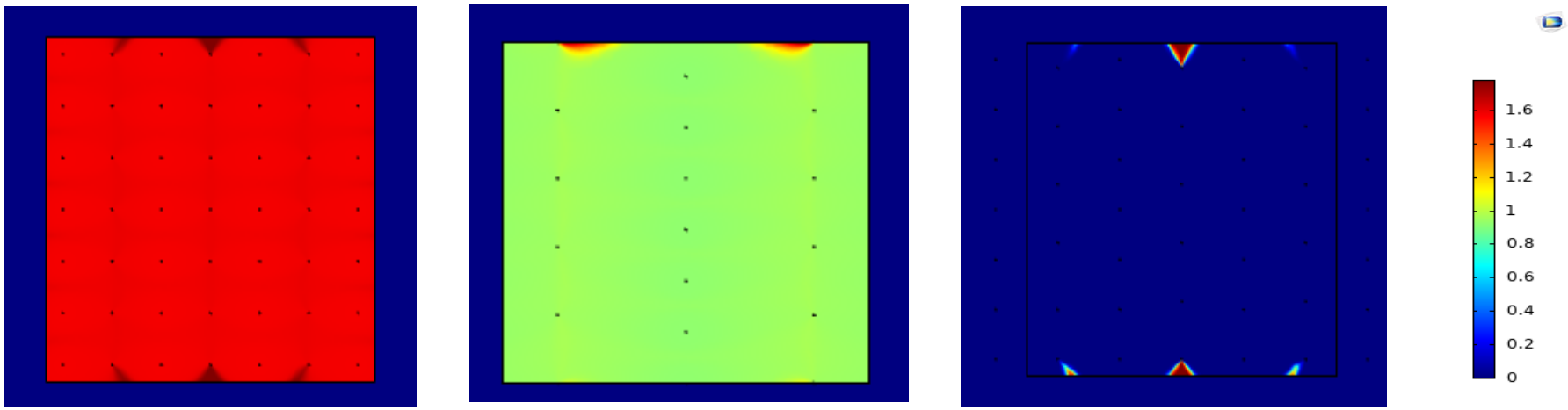


b)R=40 m

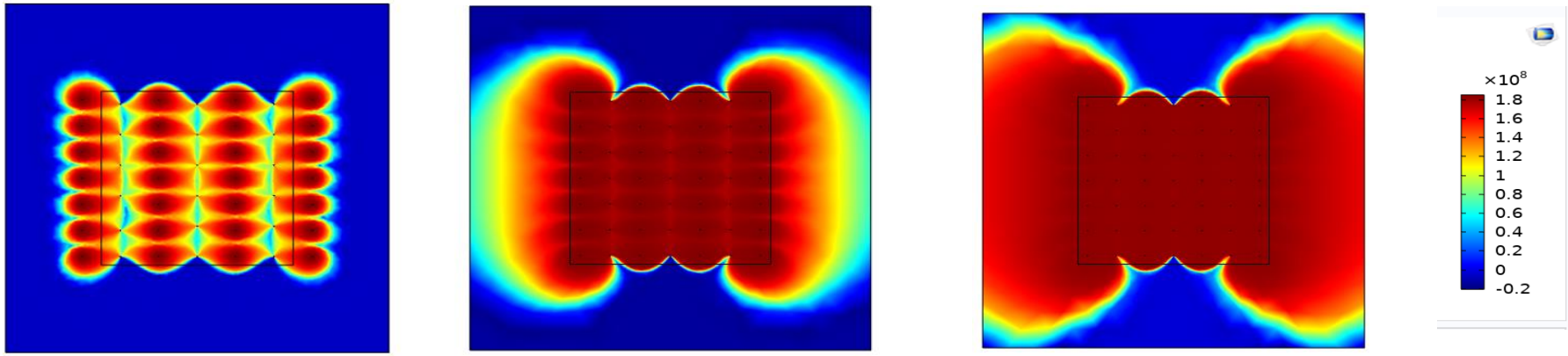


d)R=60m

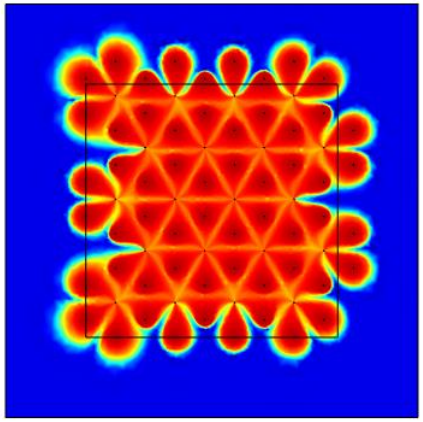
Қатты минерал концентрациясының таралуы



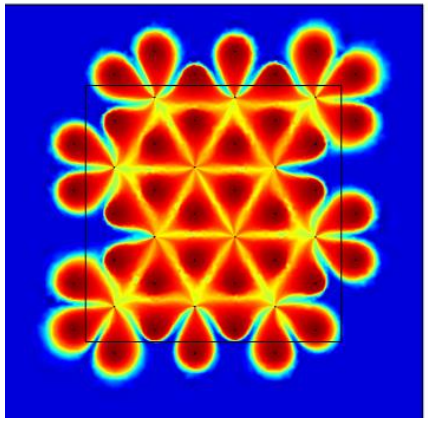
Сызықты схема үшін ерітінді концентрациясының таралуы



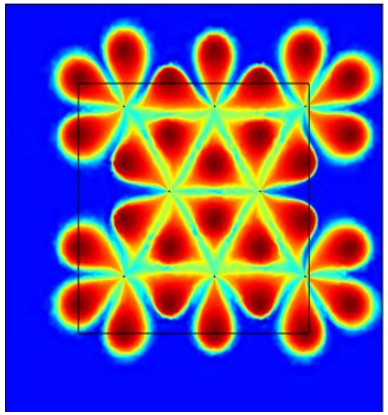
Гексагональды схема үшін ерітінді концентрациясының таралуы



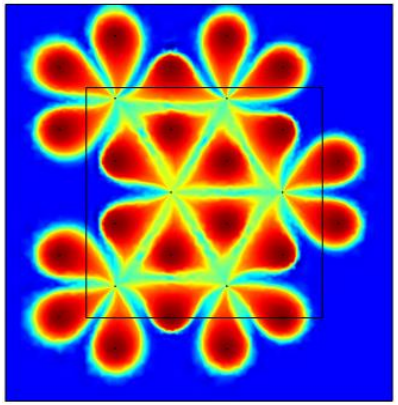
R=30м



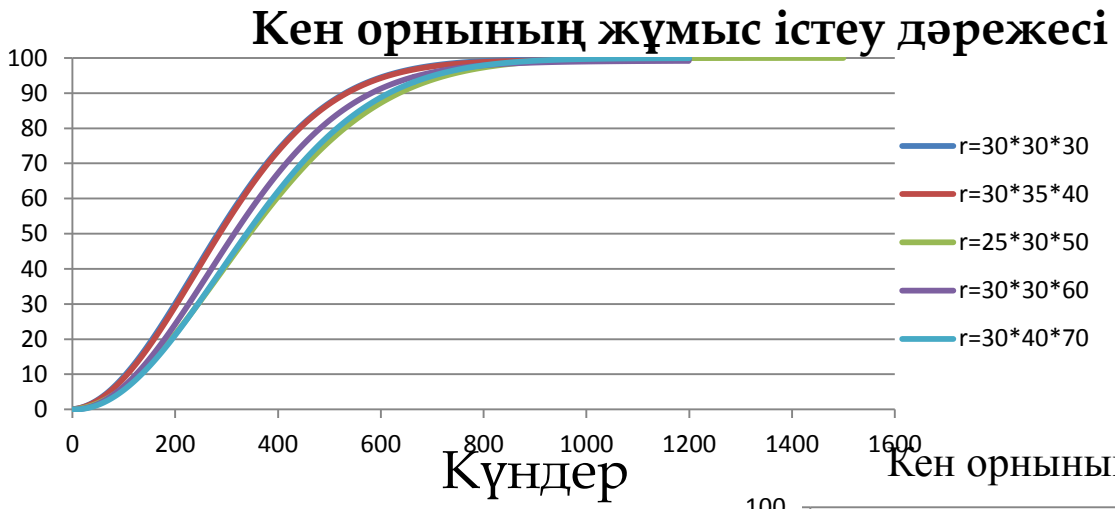
R=40м



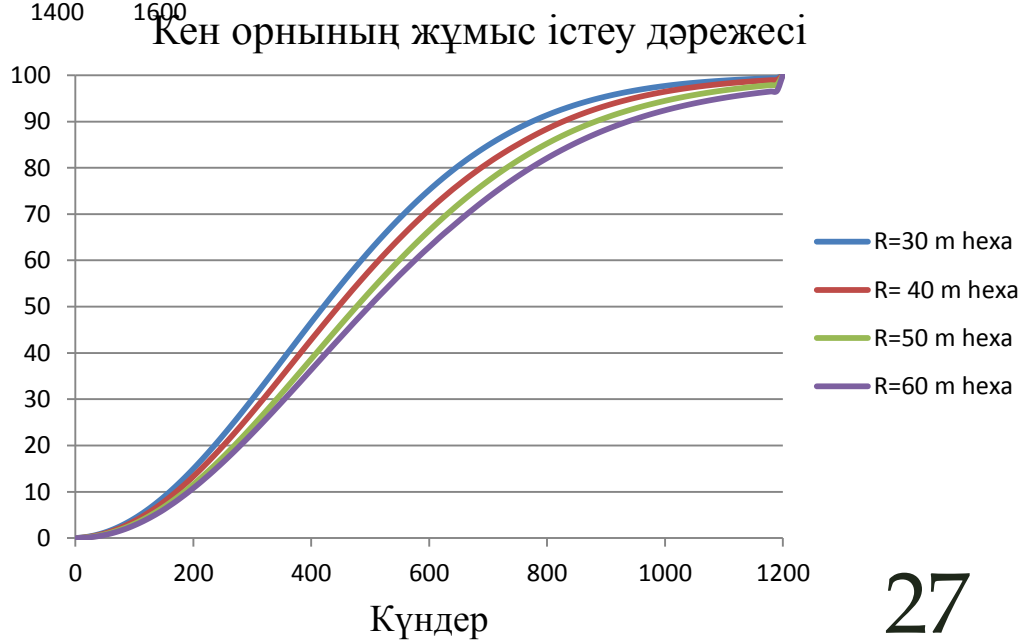
R=50м



R=60м

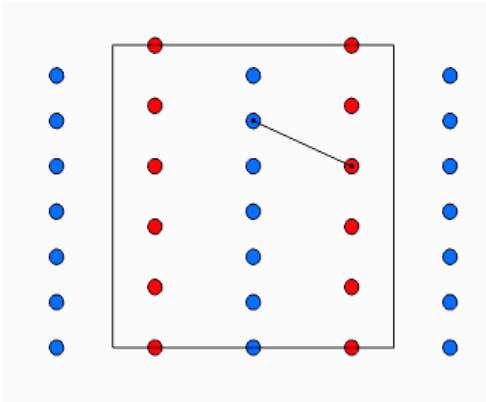


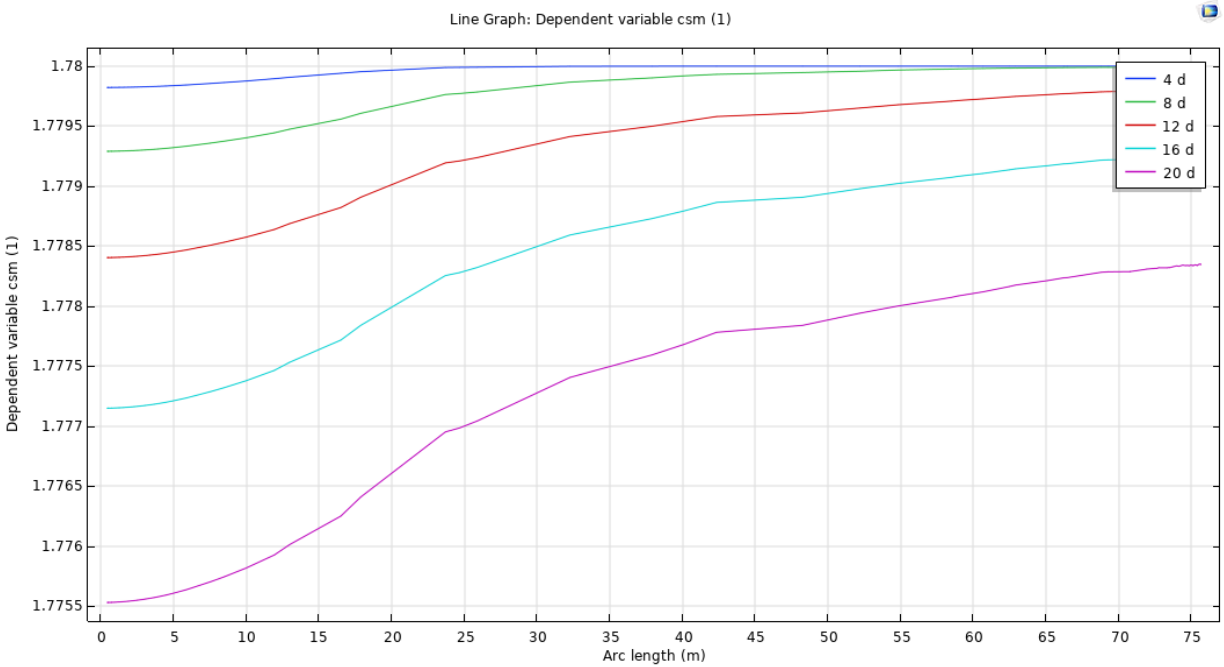
Сызықты схема



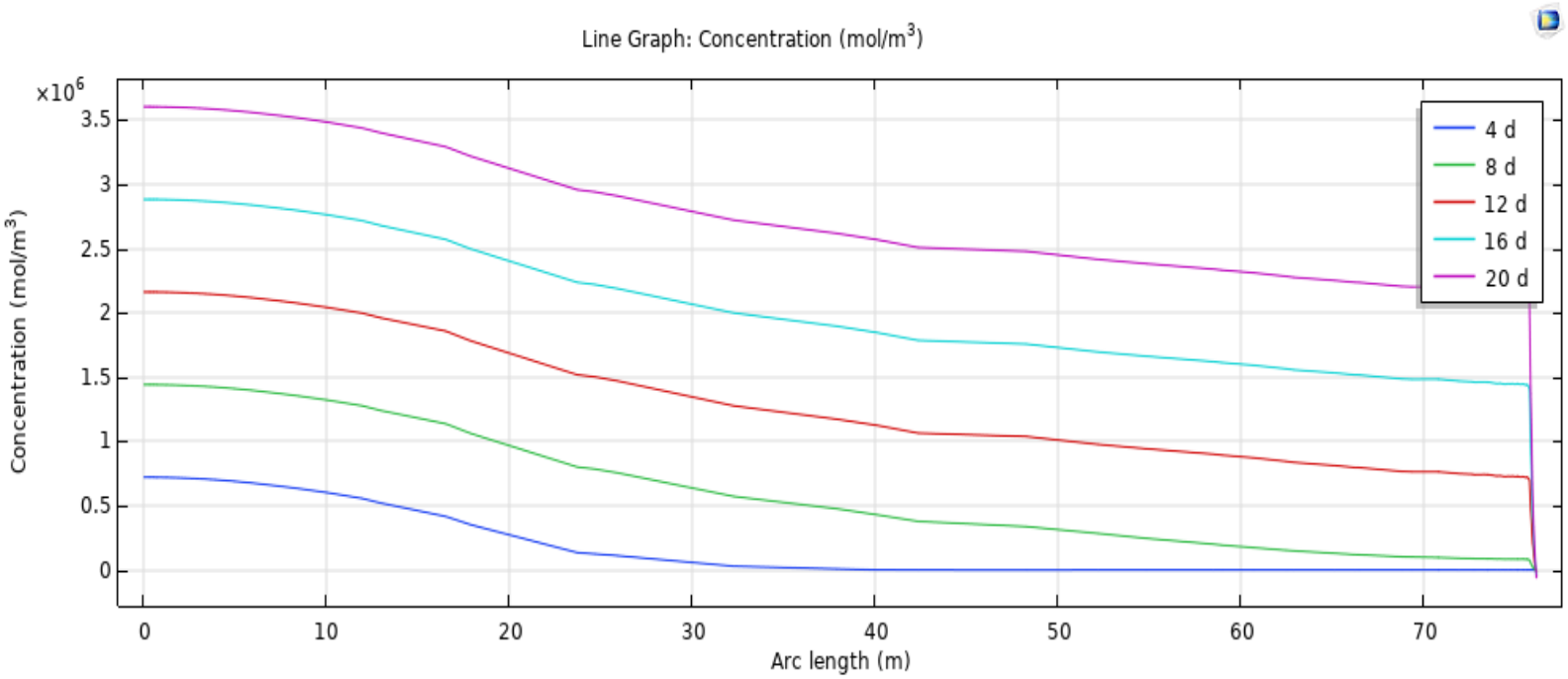
Гексагональды схема

Қатты минерал концентрациясының уақыт бойынша айдаушы және өндіруші ұңғыма арасындағы сызық бойында өзгеруі

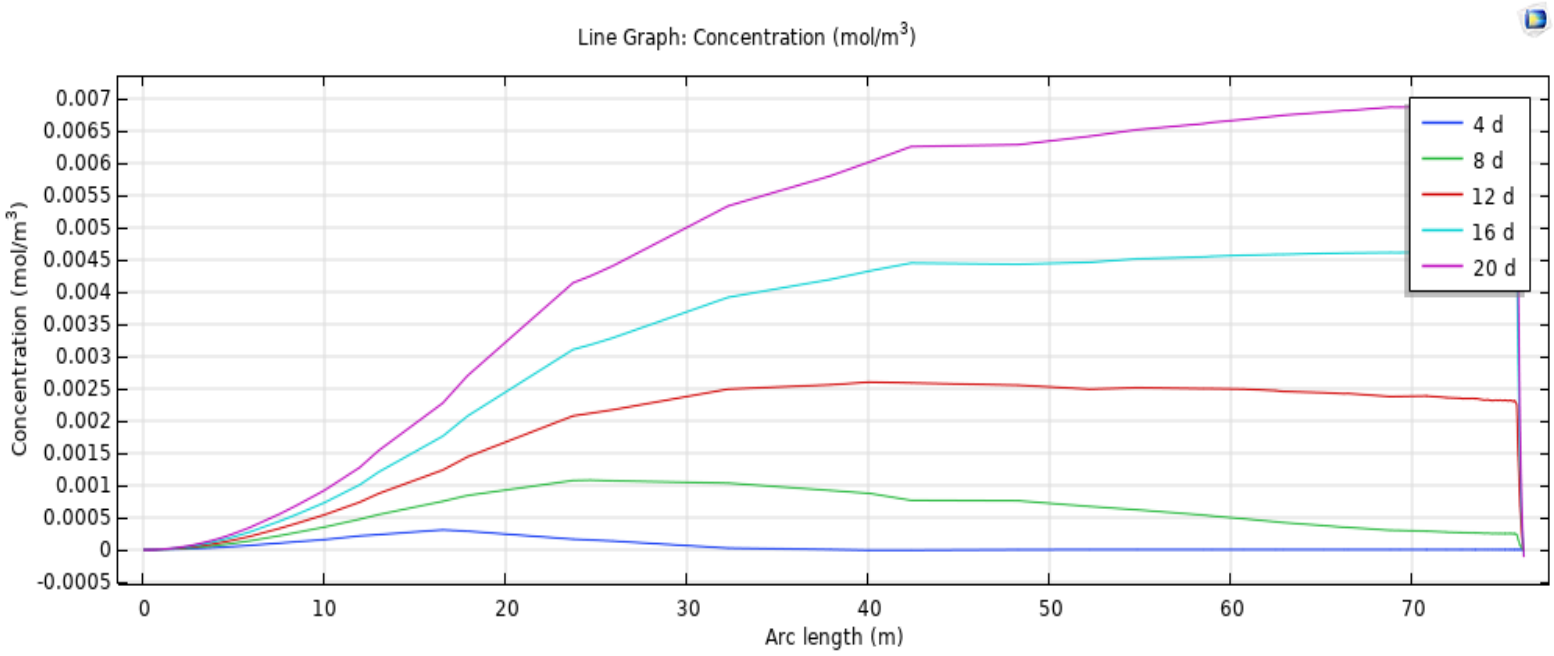




Ерітінді концентрациясының уақыт бойынша айдаушы және өндіруші ұңғыма арасындағы сызық бойында өзгеруі



Еріген минерал концентрациясының уақыт бойынша айдаушы және өндіруші ұңғыма арасындағы сызық бойында өзгеруі



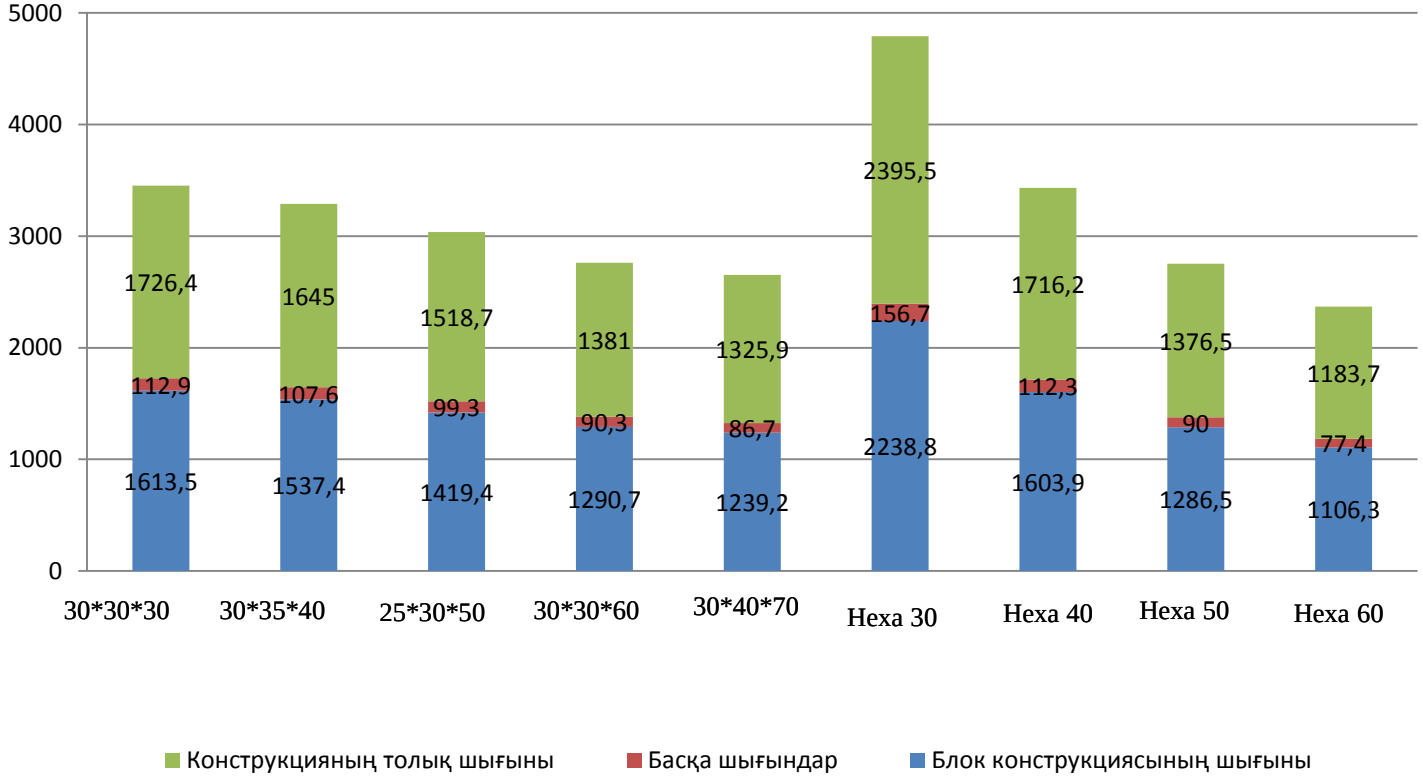
Стандартты және оңтайлы схема үшін экономикалық бағалау

Шығын	Ұңғыма тереңдігі,м	1 ұңғыманы бұрғылау құны,$
Айдаушы ұңғыма	350	21 450
Бақылаушы ұңғыма	350	21 450
Өндіруші ұңғыма	350	25 735
ТУЗ		300 000
Блокты бекіту		Блок ауданына байланысты, 151-186 мың доллар арасында

Сызықты және гексагональды схемалар үшін конструкция шығыны

Схема	Айдаушы ұңғымалар		Өндіруші ұңғымалар		ТУЗ	Блокты бекіту	Блок конструкциясының шығыны	Басқа шығындар, констарукция шығынының 7 %-ы	Конструкцияға еткен толық шығын,мың доллар
	Саны	Құны	Саны	Құны	Құны	Құны			
30*30*30	28	600.6	21	532.9	300	180	1613.5	112.9	1726.4
30*35*40	28	600.6	18	456.8	300	180	1537.4	107.6	1645
25*30*50	27	579.1	14	360.3	300	180	1419.4	99.3	1518.7
30*30*60	21	450.4	14	360.3	300	180	1290.7	90.3	1381
30*40*70	21	450.4	12	308.8	300	180	1239.2	86.7	1325.9
Гекса 30	58	1244.1	20	514.7	300	180	2238.8	156,7	2395.5
Гекса 40	38	815.1	12	308.8	300	180	1603.9	112.3	1716.2
Гекса 50	28	600.6	8	205.9	300	180	1286.5	90	1376.5
Гекса 60	22	471.9	6	154.4	300	180	1106.3	77.4	1183.7

Модельді блок үшін конструкция құны

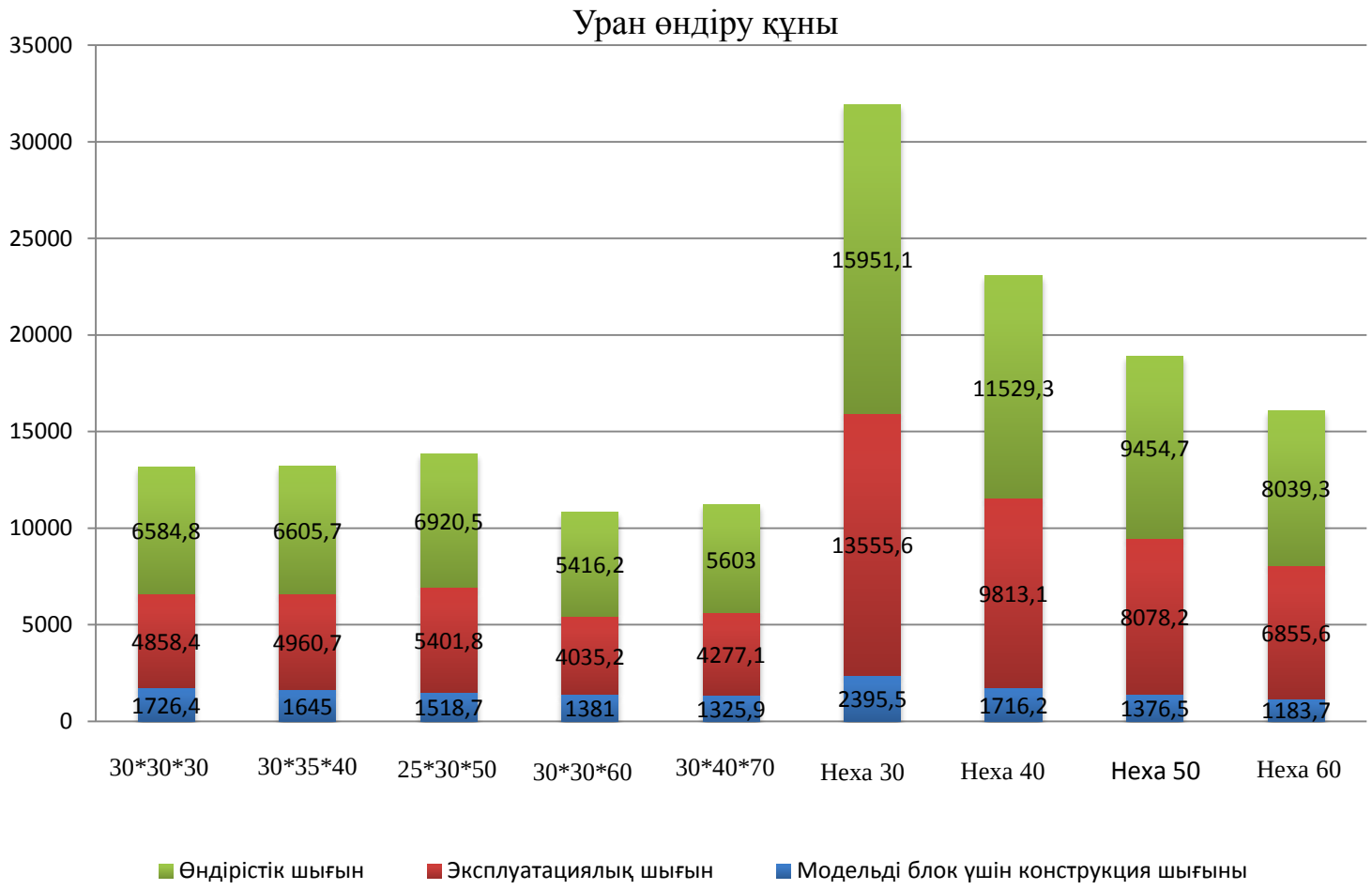


Блоктың эксплуатациялық шығыны

Схема	Блок эксплуатациясының ерітіндіс шығынынсыз орташа жылдық құны, мың доллар	Уранның жеткілікті мөлшерінің алыну уақыты, жыл	Жұмсалған ерітінді,т	Ерітіндіге жұмсалған толық шығын, мың доллар	Толық эксплуатациялық шығын,мың доллар
30*30*30	149.6	4	32769	4260	4858,4
30*35*40	149.6	4.1	33442	4347,4	4960,7
25*30*50	149.6	4.7	36144	4698,7	5401,8
30*30*60	149.6	4.3	26092	3392	4035,2
30*40*70	149.6	4.6	27607	3589	4277,1
Гекса 30	149.6	5.8	97600	12688	13555.6
Гекса 40	149.6	6.2	68354	8886.1	9813.1
Гекса 50	149.6	6.7	54428	7075.7	8078.2
Гекса 60	149.6	7	44680	5808.4	6855.6

Әр түрлі схема үшін толық өндірістік шығын

Схема	Модельді блок үшін конструкцияның толық шығыны,мың доллар	Эксплуатациялық шығын, мың доллар	Өндірістік шығын, мың доллар
30*30*30	1726.4	4858,4	6584.8
30*35*40	1645	4960,7	6605.7
25*30*50	1518.7	5401,8	6920.5
30*30*60	1381	4035,2	5416.2
30*40*70	1325.9	4277,1	5603
Гекса 30	2395.5	13555.6	15951.1
Гекса 40	1716.2	9813.1	11529.3
Гекса 50	1376.5	8078.2	9454.7
Гекса 60	1183.7	6855.6	8039.3


Уран өндіру құны
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
6584,8
4858,4
1726,4
6605,7
4960,7
1645
6920,5
5401,8
1518,7
5416,2
4035,2
1381
5603
4277,1
1325,9
15951,1
13555,6
2395,5
11529,3
9813,1
1716,2
9454,7
8078,2
1376,5
8039,3
6855,6
1183,7
30*30*30
30*35*40
25*30*50
30*30*60
30*40*70
Неха 30
Неха 40
Неха 50
Неха 60
Өндірістік шығын
Эксплуатациялық шығын
Модельді блок үшін конструкция шығыны

Қорытынды

- Блоктың геотехнологиялық шарттары үшін оңтайлылық критерийлері анықталды.
- Схемалар үшін гидродинкамикалық ,химиялық модельдер құрылды.
- Таңдалған схемалар үшін экономикалық тиімділік анықталды.

Берілген блок үшін бірқалыпты технологиялық 30*30*60 м схемасы тиімді болып есептелді.Сызықты схема экономикалық жағынан тиімді екені көрсетілді.

НАЗАРЛАРЫҢЫЗҒА РАХМЕТ