

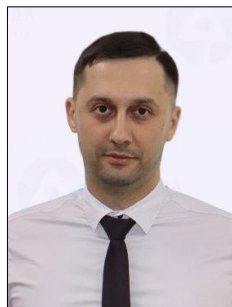
УДК 622.775

DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-19-27

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

## DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF HYDROGENOUS DEPOSIT DEVELOPMENT SYSTEMS BY IN-SITU BOREHOLE LEACHING METHOD

**А. Н. Михайлов,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
Mihailov.A.N@hiagda.ru



**A. Mikhailov,**  
Transbaikal State  
University,  
Chita

**В. А. Овсейчук,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
MKS3115637@Yandex.ru



**V. Ovseychuk,**  
Transbaikal State  
University,  
Chita

При отработке гидрогенных месторождений урана подземным скважинным выщелачиванием применяются системы разработки с различным расположением технологических скважин. Наиболее распространены рядные схемы с поперечным или продольным расположением скважин относительно простираения рудных залежей благодаря своей простоте построения технологических ячеек. Менее распространены схемы с гексагональной формой технологической ячейки. *Объект исследования* – технологические установки по подземному скважинному выщелачиванию. *Цель исследования* – научно обосновать возможность повышения эффективности разработки месторождений урана, локализованных в рыхлых отложениях. *Задачи исследования* – установить оптимальные параметры технологических ячеек, позволяющих снизить затраты и повысить коэффициент извлечения урана в продуктивный раствор. *Методика исследования* – сбор информации, математико-статистическая ее обработка и установление связи между параметрами технологической ячейки и технологическими и экономическими параметрами выщелачивания. *Методы исследования* – математико-статистический анализ, моделирование процессов подземного скважинного выщелачивания. На месторождениях Хиагдинского рудного поля апробированы обе схемы. Опытные работы не выявили особых преимуществ той или иной системы по технологическим параметрам. Для выбора оптимального варианта отработки потребовалось провести дополнительные исследования с учетом накопленных знаний о структуре месторождений Хиагдинского типа, объединенных в единое рудное поле по горно-геологическим, гидрогеологическим и технологическим характеристикам. С этой целью проведено математическое моделирование процесса выщелачивания гидрогенных руд, обладающих усредненными характеристиками. Результаты моделирования приведены в данной статье

**Ключевые слова:** скважинное подземное выщелачивание, гексагональная ячейка, радиус ячейки, рядная ячейка, технологическая скважина, продуктивный раствор, полигон, закачная скважина, откачная скважина, дебит скважины, коэффициент фильтрации, приемистость скважины

When developing hydrogenous uranium deposits by in-situ well leaching, development systems with different arrangement of technological wells are used. The most common are in-line schemes with transverse or longitudinal arrangement of wells relative to the strike of ore deposits due to their simple construction of technological cells. Less common are schemes with a hexagonal form of technological cell. *The object of the study* is technological installations for in-situ borehole leaching. *The purpose of the study* is to scientifically substantiate the possibility of increasing the development efficiency of uranium deposits localized in loose sediments. *The research objectives* are to establish the optimal parameters of technological cells, allowing to reduce costs and increase the recovery factor of uranium in the productive solution. *The research methodology* is presented by collected information, mathematical-statistical processing and establishing a link between the parameters of the technological cell and technological and economic parameters of the leaching. The following *research methods*: mathematical and statistical analysis,

modeling processes of in-situ borehole leaching have been used. The described schemes have been tested at the deposits of Khiagda ore field. Experimental work has not revealed any clear advantages of one or the other system in terms of its technological parameters. In order to select the optimal mining option, additional research is required, taking into account the accumulated knowledge about the structure of Khiagda type deposits, which are united in a single ore field by their mining, geological, hydrogeological and technological characteristics. For these purposes, mathematical modeling of the leaching process of hydrogenous ores with averaged characteristics has been carried out. The results of this simulation are presented in this article

**Key words:** in-situ leaching, hexagonal cell, cell radius, row cell, process well, productive solution, polygon, injection well, pumping well, well flow rate, filtration coefficient, well capacity

**Введение.** В современных условиях развития промышленного производства энергетическая обеспеченность становится одним из приоритетных направлений. Обеспечение растущих потребностей производства может быть достигнуто за счет использования атомной энергии, сырьем для которой является природный уран [4; 12]. Одним из перспективных предприятий, обеспечивающих добычу урана, является АО «Хиагда», построенное на базе тринадцати гидрогенных месторождений Хиагдинского рудного поля. Предприятие в процессе работы столкнулось с трудностями, связанными с падением цены на уран и ростом производственных затрат на выпуск готовой продукции. Повышение эффективности работы предприятия может быть достигнуто за счет оптимизации производственных процессов. Одним из направлений оптимизации является совершенствование систем разработки, применяемых на предприятии.

По результатам проведенного анализа применяемых систем разработки гидрогенных месторождений, наиболее распространенными схемами расположения технологических скважин являются рядная и гексагональная системы [8]. Однозначного ответа о преимуществе той или иной системы в результате сравнения технологических показателей не получено.

На выбор оптимального расположения скважин для выщелачивания влияют горно-геологические и технологические факторы [10], окончательное же решение этой проблемы зависит от экономичности каждой системы [1; 2; 9]. Для более углубленного изучения этого вопроса проведено экономико-математическое моделирование технологических процессов подземного скважинного выщелачивания в условиях отработки хиагдинских руд.

*Актуальность темы исследования* объясняется необходимостью минимизировать затраты на получение готовой продукции при подземном скважинном выщелачивании урана и повышения степени отработки гидрогенных месторождений Хиагдинского рудного поля.

*Объект исследования* – технологические установки по подземному скважинному выщелачиванию.

*Цель исследования* – научно обосновать возможность повышения эффективности разработки месторождений урана, локализованных в рыхлых отложениях.

*Задачи исследования* – установить оптимальные параметры технологических ячеек, позволяющих снизить затраты и повысить коэффициент извлечения урана в продуктивный раствор.

*Методика исследования* – сбор информации, математико-статистическая ее обработка и установление связи между параметрами технологической ячейки и технологическими и экономическими параметрами выщелачивания.

*Методы исследования* – математико-статистический анализ, моделирование процессов подземного скважинного выщелачивания.

*Разработка темы.* Анализ информации, полученной при проведении опытно-промышленных и эксплуатационных работ, дает возможность воссоздать процесс отработки гидрогенных руд при помощи скважинного выщелачивания. Для моделирования данного процесса использован пакет прикладных программ (ППП) «Экология подземных вод» и комплексной физико-математической модели «Геотехнология полиэлементных руд» [3].

В результате моделирования получены схемы движения растворов для рядной, рядной поперечной и гексагональных схем расположения скважин (рис. 1; 2; 3) [6].

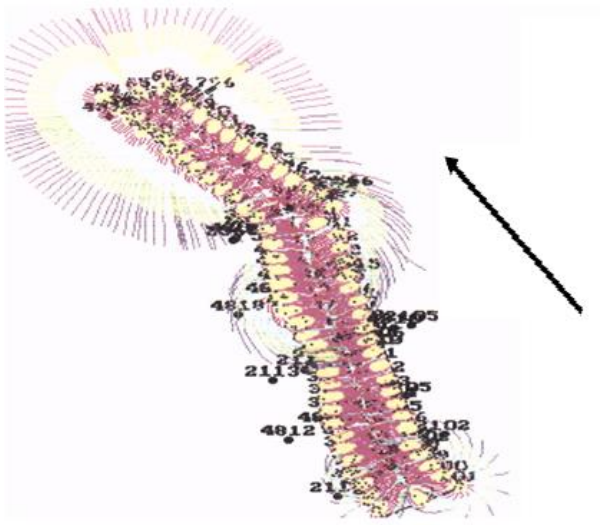


Рис. 1. Гидродинамическая схема движения выщелачивающих растворов при рядной (продольной) схеме вскрытия / Fig. 1. Hydrodynamic scheme of leaching solutions movement at in-line (longitudinal) stripping scheme

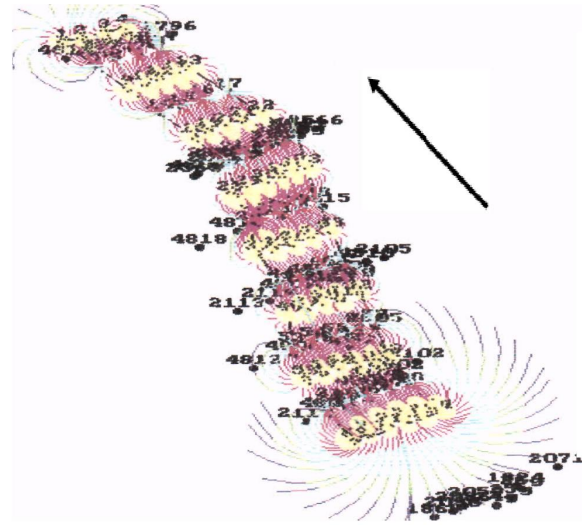


Рис. 2. Гидродинамическая схема движения выщелачивающих растворов при рядной (поперечной) схеме вскрытия / Fig. 2. Hydrodynamic scheme of leaching solutions movement at in-line (transverse) stripping scheme

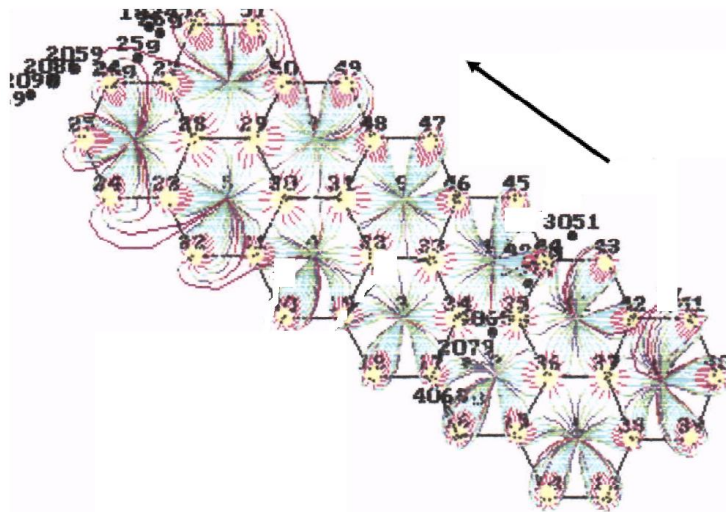


Рис. 3. Гидродинамическая схема движения ВР при гексагональной схеме вскрытия / Fig. 3. Hydrodynamic scheme of BP movement at hexagonal opening scheme

Как видно из схем движения растворов, при рядной продольной схеме наиболее интенсивно процесс выщелачивания идет в нижней части фильтрационного потока, при рядной поперечной – в верхней части. При гексагональной схеме процесс выщелачивания более равномерен, что свидетельствует о более полной проработке горно-рудной массы выщелачивающими растворами. Положительным фактом

применения гексагональной ячейки является меньший приток в зону выщелачивания боковых вод, что уменьшает разубоживание продуктивных растворов и повышает концентрацию выщелоченного урана

Поскольку физико-математическое моделирование позволяет определить технологические показатели, характеризующие системы разработки, но не отвечает на вопрос эконо-

мической эффективности данных технологий, проведены технико-экономические расчеты по методике, предложенной Е. И. Роговым и А. Е. Роговым [7] и апробированной на месторождениях Казахстана с параметрами, заложенными в проекте обработки.

За критерий оценки приняты суммарные затраты на строительство полигона и его эксплуатацию [5; 11]. Как показали расчеты, суммарные затраты с применением системы с гексагональной схемой расположения скважин на 24 % меньше, чем при рядной схеме.

На втором этапе моделирования для выбора оптимальных параметров гексагональной ячейки проведено математическое моделирование с вариацией различных величин радиуса ячейки (рис. 4):

На рис. 5 приведены расчеты количества скважин в гексагональных ячейках с различными величинами радиуса.

Затраты на проведение работ по выщелачиванию участка месторождения с применением гексагональной схемы расположения скважин при различной плотности технологических скважин приведены на рис. 6.

Из рисунка видно, что по критерию затрат оптимальная область величины радиуса эксплуатационной гексагональной ячейки заключена между величинами 27...35 м и составляет в среднем 30 м.

В результате проведения опытных работ получены зависимости концентрации урана в продуктивном растворе от величины радиуса гексагональной ячейки (рис. 7) [13].

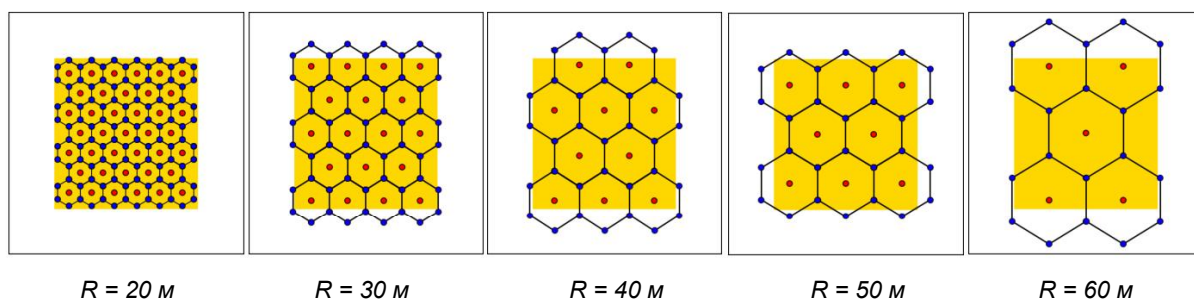


Рис. 4. Схема расположения скважин в гексагональной ячейке / Fig. 4. Scheme of well arrangement in a hexagonal cell

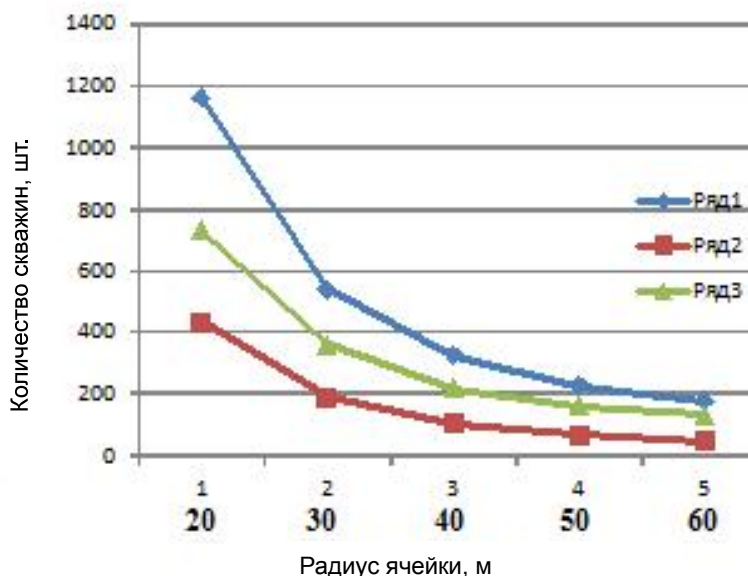


Рис. 5. Количество скважин при разной плотности их расположения в гексагональной ячейке: ряд 1 – общее количество скважин, 2 ряд – количество откачных скважин, 3 ряд – количество закачных скважин / Fig. 5. Number of wells at different density of their arrangement in hexagonal cell: row 1 – total number of wells; row 2 – number of pumping wells; row 3 – number of injection wells

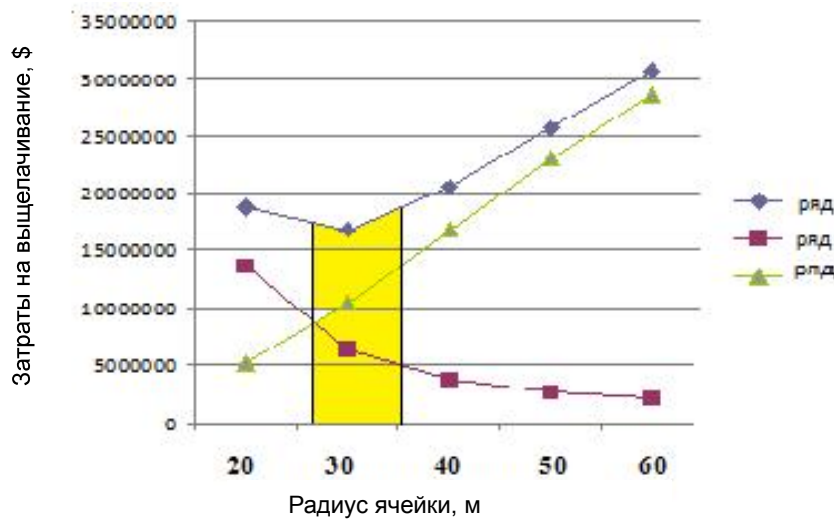


Рис. 6. Зависимость затрат на выщелачивание от величины радиуса ячейки: 1 ряд – общие затраты; 2 ряд – затраты на строительство скважин; 3 ряд – эксплуатационные затраты;  – область оптимальной величины радиуса ячейки / Fig. 6. Dependence of leaching costs on the value of cell radius: 1 row – total costs, 2 row – well construction costs, 3 row – operating costs,  – area of optimal value of cell radius

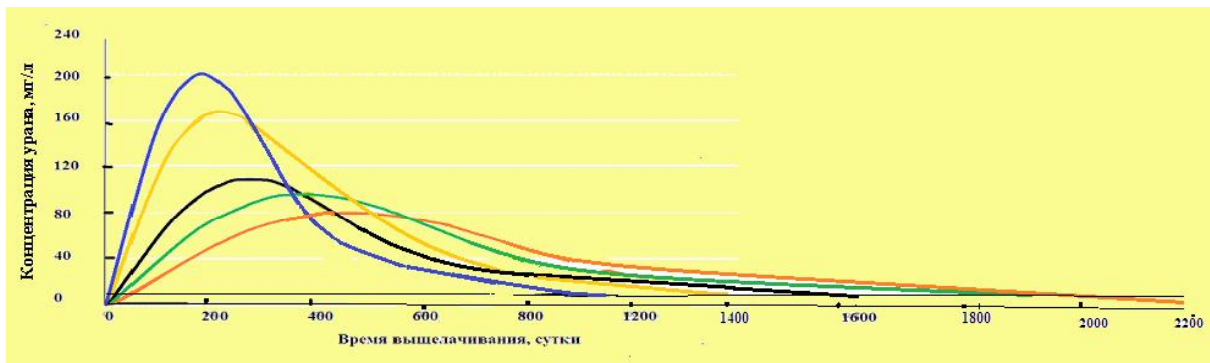


Рис. 7. Зависимость концентрации урана в продуктивном растворе от времени выщелачивания:   
— – радиус 20 м; — – радиус 30 м; — – радиус 40 м;   
— – радиус 50 м; — – радиус 60 м /   
 Fig. 7. Dependence of uranium concentration in productive solution on leaching time:   
— – 20 m radius; — – 30 m radius; — – 40 m radius;   
— – radius 50 m; — – radius 60 m

Зависимость концентрации урана в продуктивном растворе от времени выщелачивания для варианта с оптимальной величиной радиуса гексагональной ячейки в 30 м описывается эмпирической формулой

$$C_u(t) = [C_{max} * e * (t - t_{zak}) * e^{(t-t_{zak})/C_1}] / C_1, \quad (1)$$

где  $C_{max}$  – максимальная концентрация урана в растворе, мг/л;

$t$  – общее время выщелачивания, сутки;

$t_{zak}$  – время закисления, сутки;

$C_1$  – минимальная концентрация урана в растворе – 10 мг/л.

Как видно из рис. 7, наилучшей динамикой выщелачивания обладает схема с величиной радиуса гексагональной ячейки в 20 м. Максимальная величина концентрации урана в продуктивном растворе при этой схеме (200 мг/л) достигается на 190...200-е сутки выщелачивания. Активный переход урана в раствор происходит в течение 500 суток, далее процесс замедляется и завершается на 1100-е сутки при падении концентрации урана в растворе менее 10 мг/л.

Схема с ячейкой радиусом 30 м по динамике перехода урана в раствор несколько усту-

пает предыдущей схеме. Максимальная величина концентрации урана в растворе (180 мг/л) достигается на 200...210-е сутки. Активная фаза выщелачивания длится в течение 700 суток. Далее процесс замедляется и завершается выщелачивание при падении концентрации урана менее 10 мг/л на 1400-е сутки.

Схема с ячейкой радиусом 40 м значительно уступает по динамике двум предыдущим схемам. Максимальная концентрация урана в продуктивном растворе не поднимается выше 120 мг/л и достигается на 300-е сутки. Активная фаза выщелачивания длится 700 суток. Далее процесс теряет динамику и завершается при падении концентрации урана менее 10 мг/л на 1600-е сутки.

Динамические показатели выщелачивания схем с величиной радиуса ячейки 50, 60 м значительно уступают 1...3 схемам: максимальная концентрация урана в растворе падает ниже 100 мг/л, процесс выщелачивания для извлечения 90 % урана увеличивается до 1900... 2200 суток.

На рис. 8 показано время выщелачивания 90 % запасов блока при использовании ячеек радиусом 20, 30, 40, 50, 60 м.

Как видно из рис. 8, время выщелачивания 90 % урана при величине радиуса гексагональной ячейки в 30 м составляет 1400 суток, что соответствует лучшим достигнутым показателям по отрасли.

Зависимость извлечения урана в раствор от времени выщелачивания для гексагональной ячейки радиусом 30 м описывается эмпирической формулой

$$\varepsilon_{30} = -6,97 + 9,2 * t^2, \text{ доли ед.} \quad (2)$$

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать следующие *выводы*:

1) анализ материалов по отработке гидрогенных месторождений показал, что из всего многообразия применяемых систем разработки наиболее перспективными являются системы с рядным и гексагональным расположением скважин в эксплуатационной ячейке;

2) в результате моделирования и проведения опытных и опытно-промышленных работ по отработке гидрогенных руд месторождений Хиагдинского рудного поля не удалось выявить явных преимуществ одной из этих технологических схем;

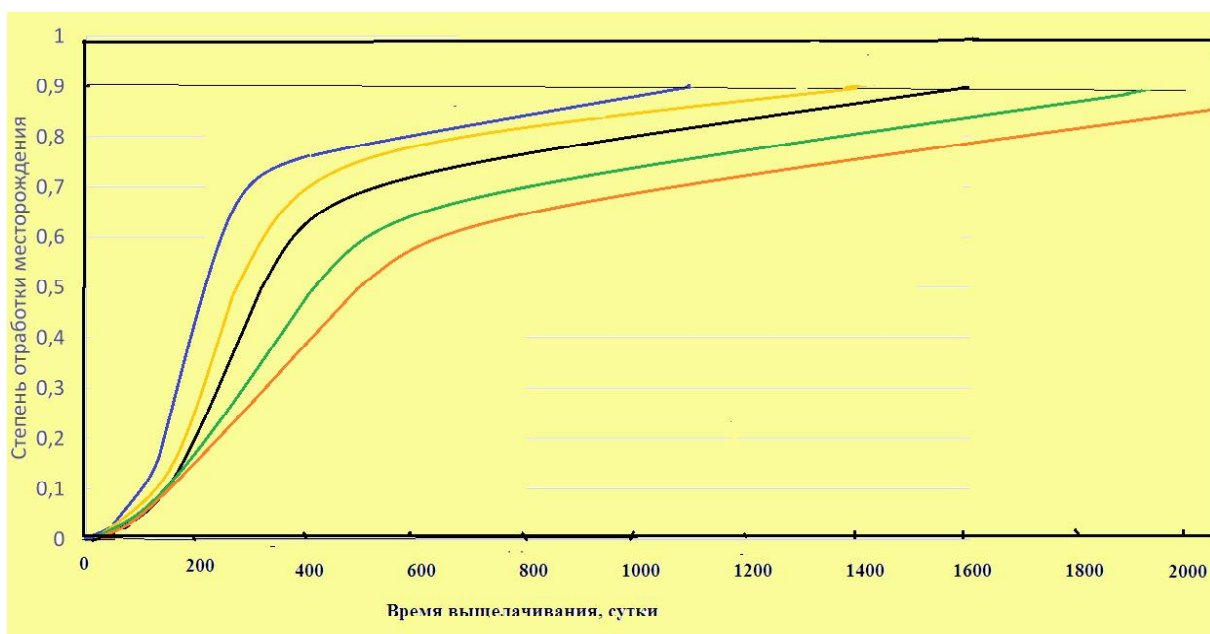


Рис. 8. Зависимость степени перехода урана в продуктивный раствор от времени выщелачивания для разной величины гексагональных ячеек: — радиус 20 м, — радиус 30 м, — радиус 40 м, — радиус 50 м, — радиус 60 м /

Fig. 8. Dependence of degree of uranium transition into productive solution on leaching time for different hexagonal cell sizes: — radius 20 m, — radius 30 m, — radius 40 m, — radius 50 m, — radius 60 m

3) проектом, базовой системой расположения скважин принята рядная система с незначительным количеством эксплуатационных блоков, подготовленных по гексагональной схеме. Анализ результатов отработки запасов Хагдинского месторождения показал, что по ряду технологических показателей рядная система превосходит гексагональную. В результате расчета экономической эффективности технологий выщелачивания установлено, что гексагональная система более эффективна;

4) расчет технологических показателей и их экономическая оценка систем разработки по методике, предложенной Е. И. Роговым и А. Е. Роговым и апробированной на месторождениях Казахстана, с параметрами, заложенными в проекте отработки, показал, что гексагональная система по базовым технологическим параметрам и экономической эффективности превосходит рядную;

5) в результате опытных исследовательских работ, проведенных на одной из залежей Хагдинского месторождения с варьированием радиуса гексагональной ячейки в 20, 30, 40, 50 и 60 м, установлено, что:

– наименьшие затраты на строительство и эксплуатацию получены при радиусе ячейки в 27...35 м;

– по динамике выщелачивания максимальными показателями обладает схема с радиусом ячейки в 20 м, схемы с радиусом ячейки 30 и 40 м менее динамичны, но имеют достаточно высокие показатели выщелачивания. Схемы с радиусом ячейки в 50 и 60 м обладают менее эффективными показателями;

– срок отработки запасов с извлечением в продуктивный раствор 90 % урана для схем с радиусом технологической ячейки 20...40 колеблется в пределах 1100...1600 суток;

6) в результате анализа технологических и экономических показателей опытного выщелачивания для отработки запасов месторождений Хагдинского рудного поля рекомендуется применение как базовой системы с гексагональной схемой расположения скважин со следующими параметрами: радиус гексагональной ячейки – 30 м, максимальная концентрация урана в продуктивном растворе – 150 мг/л; минимальная концентрация урана в продуктивном растворе – 10 мг/л; достижение 90 %-ного извлечения урана в продуктивный раствор – 1300 суток.

## Список литературы

1. Джакупов Д. А. Выбор схемы расположения технологических скважин при разработке многоярусных рудных залежей // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей V Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и просвещение, 2018. С. 210–212.
2. Джакупов Д. А. Повышение эффективности различных схем скважинного подземного выщелачивания при разработке сложных гидрогенных месторождений: дис. ... д-р филос. наук: 07.07.00 / Казахский нац. исслед. техн. ун-т им. К. И. Сатпаева. Алматы, 2019.
3. Истомин А. Д., Носков М. Д., Кеслер А. Г., Носкова С. Н., Чеглоков А. А. Программный комплекс для управления разработкой месторождений полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 8. С. 376–381.
4. Назарова З. М., Овсейчук В. А., Лементы О. Ю. Рынок урана: современное состояние, проблемы и перспективы его развития // Проблемы современной экономики. 2016. № 2. С. 159–162.
5. Поеджаев И. П., Полиновский К. Д., Горбатенко О. А. Геотехнология урана / под общ. ред. Ю. В. Демехова, Б. М. Ибраева. Алматы: [б. и.], 2017. 327 с.
6. Результаты математического моделирования процесса ПВ при гексагональной схеме вскрытия руд залежи применительно к рудам Хагдинского месторождения / сост. В. В. Макшанинов, Е. А. Митрофанов. Багдарин, Республика Бурятия, Баунтовский р-н Эвенкийский: Хагда, 2002. 50 с.
7. Рогов Е. И., Рогов А. Е. Теория и практика подземного и скважинного выщелачивания урана. 2011. URL: <http://www.textarchive.ru/c-2944562.html> (дата обращения: 21.04.2022). Текст: электронный.
8. Технично-экономическое обоснование строительства предприятия по отработке Хагдинского месторождения урана способом подземного выщелачивания. М.: ВНИПИПромтехнологии, 2004. Т. 1. 63 с.
9. Юсупов Х. А., Джакупов Д. А., Башилова Е. С. Влияние схем вскрытия технологических блоков при отработке месторождений урана // Труды университета. Алматы: Казах. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. № 3. С. 76–78.
10. Юсупов Х. А., Джакупов Д. А., Назарбаева Н. А. Выбор схемы и параметров скважин технологического блока // Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса: материалы: междунар. науч.-практ. конф. Алматы: Казах. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. С. 168–170.

11. Шаяхметов Н. М. Поиск оптимального расстояния между скважинами для добычи методом подземного скважинного выщелачивания. URL: <http://www.kaznu.kz/content/files/pages>. 2018 (дата обращения: 21.04.2022). Текст: электронный.

12. Právělie R., Bandoc G. Nuclear energy: Between global electricity demand, worldwide decarbonisation imperativeness, and planetary environmental implications /R. Právělie // Journal of Environmental Management. 2018. Vol. 209. P. 81–92.

13. Yussupov Kh., Jakupov D. The effect of the concentration of sulfuric acid on the distance between the wells in the uranium leaching // Горный журнал Казахстана. 2018. № 2. С. 13–14.

## References

1. Dzhakupov D. A. *Sovremennyye nauchnye issledovaniya: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sb. statey V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (Modern scientific research: topical issues, achievements and innovations: Collected articles V Intern. scientific-practical. conf.). Penza: Science and Education, 2018, pp. 210–212.

2. Dzhakupov D. A. *Povysheniye effektivnosti razlichnyh shem skvazhinnogo podzemnogo vyschelachivaniya pri razrabotke slozhnykh gidrogennykh mestorozhdeniy*: dis. ... d-r filos. nauk: 07.07.00 / Kazakhskiy nats. issled. tehn. un-t im. K. I. Satpayeva (Improving the efficiency of various schemes of borehole underground leaching in the development of complex hydrogenous deposits: dis. ... dr. phil. sciences: 07.07.00 / Kazakh Nat. Research Tech. Un-ty named after K. I. Satpaev). Almaty, 2019.

3. Istomin A. D., Noskov M. D., Kesler A. G., Noskova S. N., Cheglov A. A. *Gornyye informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2011, no. 8, pp. 376–381.

4. Nazarova Z. M., Ovseychuk V. A., Lementa O. Yu. *Problemy sovremennoy ekonomiki* (Problems of modern economics), 2016, no. 2, p. 159–162.

5. Poyezzhayev I. P., Polinovsky K. D., Gorbatenko O. A. *Geotekhnologiya urana / pod obshch. red. Yu. V. Demekhova, B. M. Ibrayeva* (Geotechnology of uranium / ed. ed. Yu. V. Demekhova, B. M. Ibraeva). Almaty: [publisher unknown], 2017. 327 p.

6. *Rezultaty matematicheskogo modelirovaniya protsessa PV pri geksagonalnoy sheme vskrytiya rud zalezhi primenitelno k rudam Khiagdinskogo mestorozhdeniya* / sost. V. V. Makshaninov, Ye. A. Mitrofanov (Results of mathematical modeling of the IW process with a hexagonal pattern of opening ores of a deposit in relation to the ores of the Khiagdinskoe deposit / comp. V. V. Makshaninov, E. A. Mitrofanov). Bagdarin, Republic of Buryatia, Bauntovsky district of Evenki: Khiagda, 2002, 50 p.

7. Rogov Ye. I., Rogov A. Ye. *Teoriya i praktika podzemnogo i skvazhinnogo vyschelachivaniya urana. 2011* (Theory and practice of underground and borehole uranium leaching. 2011). Available at: <http://www.textarchive.ru/c-2944562.html> (date of access: 04/21/2022). Text: electronic.

8. *Tehniko-ekonomicheskoye obosnovaniye stroitelstva predpriyatiya po otrabotke Khiagdinskogo mestorozhdeniya urana sposobom podzemnogo vyschelachivaniya* (Feasibility study for the construction of an enterprise for the development of the Khiagda uranium deposit by underground leaching). Moscow: VNIPIpromtehnologii, 2004, vol. 1, 63 p.

9. Yusupov Kh. A., Dzhakupov D. A., Bashilova Ye. S. *Trudy universiteta* (Proceedings of the University). Almaty: Kazakh. Nat. Research Tech. Un-ty, 2018, no. 3, pp. 76–78.

10. Yusupov Kh. A., Dzhakupov D. A., Nazarbayeva N. A. *Nauchnoye i kadrovoye soprovozhdeniye innovatsionnogo razvitiya gorno-metallurgicheskogo kompleksa: materialy: mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (Scientific and personnel support of the innovative development of the mining and metallurgical complex: materials: Intern. scientific-pract. conf.). Almaty: Kazakh. Nat. Research Tech. Un-ty, 2017, pp. 168–170.

11. Shayakhmetov N. M. *Poisk optimalnogo rasstoyaniya mezhdru skvazhinami dlya dobychi metodom podzemnogo skvazhinnogo vyschelachivaniya* (Search for the optimal distance between wells for production by the method of underground well leaching). Available at: <http://www.kaznu.kz/content/files/pages>. 2018 (date of access: 04/21/2022). Text: electronic.

12. Právělie R., Bandoc G. *Journal of Environmental Management* (Journal of Environmental Management), 2018, vol. 209, p. 81–92.

13. Yussupov Kh., Jakupov D. *Mining Journal of Kazakhstan* (Mining Journal of Kazakhstan), 2018. no. 2, pp. 13–14.



**Информация об авторе**

*Михайлов Анатолий Николаевич*, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-химическая геотехнология урана  
Mihailov.A.N@hiagda.ru

*Овсейчук Василий Афанасьевич*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: физико-техническая и физико-химическая геотехнологии, пред-концентрация минерального сырья, рудничная геология  
mks3115637@Yandex.ru

**Information about the author**

*Anatoly Mikhailov*, postgraduate, Transbaikal State University, Chita, Russia. Research interests: physical and chemical geotechnology of uranium

*Vasily Ovseichuk*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Research interests: physical–technical and physical–chemical geotechnologies, pre–concentration of mineral raw materials, mine geology

**Для цитирования**

*Михайлов А. Н. Овсейчук В. А. Определение оптимальных параметров систем разработки гидрогенных месторождений методом подземного скважинного выщелачивания // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28, № 5. С. 19–27. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-19-27.*

*Mikhailov A., Ovseychuk V. Determination of optimal parameters of hydrogenous deposit development systems by in-situ borehole leaching method // Transbaikal State University Journal, 2022, vol. 28, no. 5, pp. 19–27. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-19-27.*

Статья поступила в редакцию: 25.04.2022 г.

Статья принята к публикации: 05.05.2022 г.