

images. 2007 IEEE International Conference on Acoustics, speech and signal Processing, pp. 731-740. IEEE Press, New York (2007) Jia-Wei Ciou., Peng-Hua Wang, An Image-Based Postal Barcode Decoder with Missing Bar Correction, IEEE , 2012.

7. Thakkar, Barcode localization and Decoding using a modified ScanLine approach for industrial nameplate verification, International Journal of Computer Applications. – 2015. – Vol. 129. – No. 7. – PP. 28-32.

REFERENCES

1. Tlebaldinova A.S., *Sravnitel'nyy analiz metodov raspoznavaniya strukturirovannykh simvolov*. A.S. Tlebaldinova, M.A. Karmenova. *Vestnik VKGU*. **2016**. 3, 153-156 (in Russ).

2. Druki A.A., *Raspoznavaniye strukturirovannykh simvolov na izobrazheniyakh s ispol'zovaniyem gistogramm sredney intensivnosti i svertochnoy neyronnoy seti*. A.A. Druki. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. **2013**. T. 318. 5. 120-125 (in Russ).

3. Afonassenko A.V., *Raspoznavaniye strukturirovannykh simvolov na osnovanii metodov morfologicheskogo analiza*. A.V. Afonassenko. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. **2007**, T. 318. 5. 119-123 (in Russ).

4. Tlebaldinova A.S., *Razrabotka metodov i modeley analiza strukturirovannykh simvolov dlya raspoznavaniya tekstovoy informatsii*. A.S. Tlebaldinova. **2015**, 116 (in Russ).

5. Sledneva N.M., *Kombinirovannyy metod raspoznavaniya rukopisnykh tsifr v pochtovykh indeksakh*. N.M. Sledneva. *Yeletrotekhnichni ta komp'yuterni sistemi*. **2012**, 6, 82-85 (in Russ).

6. Shams. R., Sadeghi, P *Bar Code recognition in highly distorted and low resolution images*. 2007 IEEE International Conference on Acoustics, speech and signal Processing, pp. 731-740. IEEE Press, New York, 2007 Jia Wei Ciou., Peng Hua Wang, An Image Based Postal Barcode Decoder with Missing Bar Correction, IEEE, **2012** (in Eng).

7. Thakkar, *Barcode localization and Decoding using a modified ScanLine approach for industrial nameplate verification*, International Journal of Computer Applications, **2015**. Vol. 129, 7, 28-32 (in Eng).

УДК 669.2/.8:658.5

К.Е. НУРСАКИТОВ, А.В. БОГОМОЛОВ

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

В статье рассматриваются преимущества добычи урана методом подземного скважного выщелачивания, а также современные методы автоматизации данного процесса. Дается оценка необходимости развития автоматизации процесса добычи урана в Казахстане.

Ключевые слова: автоматизация, подземное скважное выщелачивание, добыча урана.

ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ЖЕРАСТЫ ҰНҒЫМАЛЫҚ СІЛТІЗДЕНДІРУ ӘДІСІНІҢ
НЕГІЗІНДЕ УРАН ӨНДІРІСТІК ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ
ЖҮЙЕСІНДЕГІ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Мақалада қазіргі заманғы жерасты ұнғымалық сілтіздендіру әдісінің негізінде уран өндірістік өндеуге арналған автоматты басқару жүйесіндегі дамыту перспективалары көрсетілген. Және бұл өнеркәсіптегі ахуал туралы ақпарат беріледі.

Түйін сөздер: уран өндірістік өндеу, автоматты басқару жүйесі.

DEVELOPMENT'S PROSPECTS OF MODERN SYSTEMS OF AUTOMATIC
CONTROL BY THE PROCESS OF INDUSTRIAL BOOTY OF URANIUM BY THE
METHOD OF THE UNDERGROUND DOWNHOLE LIXIVIATING

Article covers development's prospects of modern systems of automatic control by the process of industrial booty of uranium by the method of the underground downhole lixiviating. It represents an actual picture about the state of uranium mining in Kazakhstan and in the world.

Keywords: systems of automatic control, uranium mining.

В современном мире эффективность производства и потребления энергии определяет уровень благосостояния населения страны, поэтому необходимо разрабатывать новые источники энергии, которые позволят удовлетворить потребности населения и народного хозяйства. Топливо-энергетический комплекс нашей республики в настоящее время является несовершенным, производство энергии в основном обеспечивают тепловые электростанции (ТЭС), государственные районные электрические станции (ГРЭС), и лишь в незначительной мере гидроэлектростанции (ГЭС), причем их работа не может удовлетворить потребности промышленности и населения, поэтому Казахстан является потребителем энергии стран ближнего зарубежья [1].

Обеспечить устойчивое развитие и энергетическую безопасность государства может только энергетика, основанная на использовании современных энергетических технологий в сочетании с принципами экономической эффективности с гарантиями общей и экологической безопасности. Современная энергетическая отрасль должна основываться на разумном, экономически оправданном использовании различных источников энергии.

Производство энергии за счет традиционных источников на базе преобразования энергии горения органического топлива в электроэнергию имеет ряд негативных последствий, таких как: загрязнение атмосферы, парниковый эффект, истощение удобных в расположении и эксплуатации месторождений, увеличение стоимости транспортировки органического топлива, выброс радиоактивных веществ и другие [2].

На сегодняшний день реальной альтернативой традиционной энергетике, является развитие атомной энергетики и неразрывно связанной с ней урановой

промышленности. Развитие этих отраслей промышленности позволит решить вышеизложенные проблемы, а также обеспечить рост и совершенствование топливно-энергетического комплекса.

Атомный промышленно-энергетический комплекс включает в себя атомную энергетику и урановую промышленность, которая обеспечивает атомные станции топливом и является высокотехнологичной, наукоемкой отраслью народного хозяйства. Экономически эффективное, безопасное и экологически чистое получение энергии от атомных энергоисточников возможно только при одновременном, гармоничном развитии обеих составляющих – атомной энергетики и уранового производства.

Поэтому одним из важнейших стратегических направлений промышленной деятельности Республики Казахстан (РК) является урановая промышленность.

Казахстан занимает лидирующие позиции по добыче урана в мире и находится на втором месте по запасам урана на 2014 год (в РК сосредоточено 11,81% всех мировых запасов). В 2009 году Казахстан вышел на первое место в мире по добыче урана (добыто 13500 тонн), опередив Канаду, которая оказалась на втором месте.

Всего в Казахстане запасы и ресурсы урана составляют около 1,7 млн т. Его добыча ведётся на 20 рудниках. Все расположены на месторождениях песчаникового типа.

Доля добываемого на территории РК урана от добычи в мире составила: в 2009 г. – 28%; 2010 г. – 33%; 2011 г. – 36%; 2012 г. – 36,5%; 2013 г. – 38%. В 2015 году планируется добыть 24,8 тыс. т, а в 2016 г. – 25,6 тыс. т. Основной объём добычи урана приходится на национальную компанию «Казатомпром» (геологоразведка, добыча урана, его экспорт). Она добывает уран самостоятельно и в составе совместных предприятий (СП). В 2012 г. добыча компании составила (с учётом долей в СП) 11,9 тыс. т, в 2013 г. – 12,6 тыс. т, в I квартале 2014 г. – 3,0 тыс. т. В 2013 г. иностранными компаниями в Казахстане добыто 9,9 тыс. т урана (44% от общей добычи).

Существуют различные методы добычи урана: шахтный, карьерный, подземное скважинное выщелачивание. Долгое время шахтный метод добычи урановой руды был основным. Урановые шахты принципиально не отличаются от других типов шахт, разве что более сильной вентиляцией и повышенной степенью охраны труда. На руднике урановую руду извлекают из горного массива буровзрывным способом. Довольно часто, добыча урана производилась карьерным способом. Примером такой добычи может служить рудник «Актау».

Этот рудник размером 17 на 3 км обеспечивает производительность 6500 тонн урана в год. Такие карьеры наносят колоссальный урон окружающей среде, так как их рекультивация и использование в других целях практически

невозможны [3].

Самым экологически предпочтительным методом добычи урана является подземное скважинное выщелачивание (ПСВ). Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признает данную технологию как самый экологически чистый и безопасный способ отработки месторождений, не требующий значительных затрат на рекультивацию.

Технология подземного выщелачивания разрабатывалась независимо в СССР и США в середине 1970-х годов. Метод был предназначен для извлечения урана из типичных месторождений роллового типа (подвид урановых месторождений песчаникового типа), расположенных в водонасыщенных проницаемых породах, в которых нельзя было использовать обычные способы добычи. В обеих странах метод ПСВ разрабатывался на основе схожих инженерных и технологических подходов. Однако в Советском Союзе использовали кислотное выщелачивание, а в США – щелочные системы (в основном на основе карбонатов). Выбор технологии зависит от геологии месторождения и гидрогеологических условий. При наличии в рудной зоне значительного количества кальция должно применяться щелочное (карбонатное) выщелачивание.

Подземное скважинное выщелачивание – это способ разработки рудных месторождений избирательным переводом полезного компонента в жидкую фазу непосредственно в недрах с последующей переработкой продукционных растворов (ПР). В этом способе реализован прогрессивный прием – перенос перколяции в место залегания рудного материала [4].

Можно выделить несколько важных аспектов, оказывающих существенное влияние на социальные, экономические и экологические условия разработки месторождений. При использовании этого метода отпадает необходимость строительства дорогостоящих рудников или карьеров и гидрометаллургических заводов, расходования многих материалов, сокращается численность работающих на строительстве и при эксплуатации месторождений, увеличиваются природные сырьевые ресурсы в результате разработки месторождений с бедным и убогим содержанием урана в руде, залегающих в сложных гидрогеологических условиях (их разработка традиционными способами экономически невыгодна). При этом коренным образом улучшаются условия труда, обеспечивается более полное использование богатств недр, сводятся к минимуму потери урана при добыче и переработке, извлекается металл из забалансовых руд. Метод подземного выщелачивания занимает важное место в охране окружающей среды, так как при его использовании поверхность земли и воздушный бассейн почти не загрязняются [5].

Большой интерес к способу ПСВ определяется положительным опытом

его применения и высокими технико-экономическими показателями, когда стоимость урана, добываемого способом ПСВ, в 1,3-1,5 раза ниже его стоимости при добыче горными работами, а производительность труда в 2-4 раза выше. Для выщелачивания урановых месторождений в настоящее время применяются как сернокислотные схемы выщелачивания, так и выщелачивание слабо концентрированными карбонатными растворами с окислителями. Особенностями современного индустриального развития способа ПСВ является освоение глубоко залегающих рудных тел и вытекающая отсюда необходимость совершенствования технологии создания оборудования и конструкционных материалов для увеличения глубины, особенно для глубины более 300 м. Важной особенностью развития ПСВ является освоение узких залежей, при разработке которых снижение потерь и разубоживания продуктивных растворов из-за их перетока через границы залежи может быть достигнуто путем использования схем, например, с гидравлическими завесами.

Добыча урана методом ПСВ развивается в последнее время быстрее традиционных методов добычи урана путем проведения горных работ. Удельный вес добычи урана методом ПСВ возрастает. Сейчас в мире 20% урана добывается с помощью ПСВ. В ряде стран доля ПСВ в добыче урана гораздо больше среднемировой [4].

Особенностью запасов урана в Казахстане является то, что около 80% из них сосредоточено в месторождениях песчаникового типа, в водонасыщенных проницаемых породах, что позволяет разрабатывать эти месторождения методом подземного скважинного выщелачивания, обеспечивающим низкий уровень себестоимости добычи и минимальный ущерб окружающей среде.

Многие месторождения урана, выявленные на территории Казахстана, различны по условиям формирования и практическому значению. По общности геологических позиций, генетических признаков и обособленности, месторождения Казахстана можно рассматривать в составе шести урановорудных провинций:

1. **Шу-Сарысуйская провинция** – Урановое оруденение связано с региональным фронтом зон пластового окисления. Общие запасы и ресурсы составляют 57,8% от общих запасов и ресурсов Казахстана. В настоящее время на месторождениях Уванас, Мынкудук, Канжуган, Моинкум, Акдала, Буденовское и Инкай ведется добыча урана способом подземного скважинного выщелачивания.

2. **Сырдарьинская провинция** – Урановое оруденение контролируется региональными фронтами зон пластового окисления. Запасы урана в провинции составляют 18,8% от общих запасов и ресурсов Казахстана. Добыча урана осуществляется методом подземного выщелачивания на месторождениях Северный и Южный Карамурун, Ирколь и Хорасан.

3. **Северо-Казахстанская провинция** – Урановые месторождения провинции представлены жильно-штокерковым оруденением в складчатых комплексах протерозоя и палеозоя. Суммарные запасы провинции составляют 16,4% от общих запасов и ресурсов Казахстана. В настоящее время ведется добыча урана методом подземного выщелачивания на месторождении Семизбай.

4. Прикаспийская провинция представлена уникальным типом месторождений, связанных со скоплениями фосфатизированного костного детрита ископаемых рыб. Запасы и ресурсы урана составляют 1,7% в общем балансе запасов Казахстана. Добыча урана в настоящее время не ведется.

5. **Прибалхашская провинция** – Основной тип урановых месторождений – эндогенные жильно-штокерковые месторождения в континентальных вулканических комплексах. Основные месторождения провинции оработаны. Остальные запасы и ресурсы урана составляют 0,8% от общих запасов республики. Добыча урана прекращена.

6. **Илийская провинция** – Основные запасы связаны с урано-угольными месторождениями, образованными грунтовым окислением кровли бурогоугольных пластов. Запасы и ресурсы урана составляют 4,5% от всех запасов Казахстана. Добыча урана в настоящее время не ведется.

В Казахстане из 54 разведанных месторождений с балансовыми запасами урана разрабатываются 16, остальные 38 месторождений находятся в резерве. Республика Казахстан планирует увеличить запасы урана на 25% за счет проведения поисковых и разведочных работ на месторождениях Южного Казахстана.

Способ подземного выщелачивания является одним из перспективных методов добычи урана, а также золота, цветных и редких металлов. Особенностью использования данного метода является то, что он не требует разработки карьеров и шахт, предварительная подготовка идёт непосредственно под землёй. Способ применим в тяжелых климатических условиях и условиях вечной мерзлоты. Технология абсолютно закрытая, герметичная. Недр практически не разрушаются и даже полностью восстанавливаются в течение нескольких лет.

Вся площадь месторождения «прокалывается» скважинами (колоннами). В в одну скважину закачивается серная кислота (1-2% раствор), иногда с добавлением солей трёхвалентного железа (для окисления урана U(IV) до U(VI)), хотя руды часто содержат железо и пиролюзит, которые облегчают окисление). Идёт процесс выщелачивания урана. Через другую скважину продуктивный раствор с помощью насоса извлекается наверх. Далее он непосредственно поступает на сорбционное, гидрометаллургическое извлечение и одновременное концентрирование урана.

Метод подземного скважинного выщелачивания является наиболее

привлекательным способом добычи урана с точки зрения упрощенности технологических операций. Общая поверхность земли, занимаемая полигоном подземного выщелачивания и перерабатывающим цехом для получения 500 метрических тонн U/год U_3O_8 , в 3-4 раза меньше площади, занимаемой типичным гидрометаллургическим заводом на эту же производительность. В процессе скважинного выщелачивания в подвижное состояние в недрах переходит и выводится на поверхность менее 5% радиоактивных элементов по сравнению со 100% при традиционных способах добычи урана. Серная кислота при контакте с породой превращается в гипс, поэтому при данной технологии не остаётся в земле элементов, которых там нет. В случае возникновения размывов, они быстро устраняются, так как при утечках технология не работает. Здесь отпадает необходимость строительства хвостохранилищ для хранения отходов с высоким уровнем радиации. Есть маленькие пескоотстойники, которые после завершения добычи легко рекультивировать [4].

Отметим, что часто природная гидрогеохимическая среда на урановых месторождениях обладает способностью к самовосстановлению от техногенного воздействия. За счет постепенного восстановления естественных окислительно-восстановительных условий происходит хоть и медленный, но необратимый процесс рекультивации подземных вод рудовмещающих водоносных горизонтов. Возможна интенсификация этого процесса, ускоряющего рекультивацию в десятки раз. Примером естественной деминерализации остаточных растворов может служить результат 13-летних наблюдений, проведенных на месторождении Ирколь (Южный Казахстан).

Отличительной особенностью метода скважинного подземного выщелачивания является сложность управления разработкой месторождений.

Это обусловлено недостаточностью данных о продуктивном горизонте, невозможностью непосредственного наблюдения за технологическим процессом, значительной инерционностью геотехнологической системы, ограниченными возможностями воздействия на движение растворов с помощью изменения режимов работы технологических скважин и так далее. Повысить эффективность управления разработкой месторождения можно на основе сбора и обработки большого объема разнородных (геологических, гидрологических, технологических и др.) данных. Для информационной поддержки принятия управленческих решений целесообразно использовать современные информационные технологии.

В настоящее время различные системы управления и информационные системы активно внедряются на горнодобывающих предприятиях. Геоинформационные системы используются для хранения, обработки и визуализации пространственных данных о месторождении, подсчета запасов

и проектирования разработки. Данные о технологическом процессе собираются, обрабатываются информационно-измерительными системами. Методы математического моделирования применяют для оптимизации и прогнозирования разработки месторождений. Анализ результатов мониторинга и моделирования, подготовку управленческих решений проводят с помощью экспертных систем, сопряженных с базами знаний и данных.

Одним из примеров внедрения систем управления в урановую промышленность РК является система диспетчеризации и автоматизации для объектов геотехнологического поля (ГТП) рудника «Центральный Мынкудук», разработанная ТОО «ИВТ-БЕРЕН» Институт Высоких Технологий». Система автоматизации и диспетчеризации для объектов ГТП предназначена: для централизованного сбора данных о текущих значениях технологических параметров контролируемых объектов и отображения их на станции оператора, выдачи сообщений о нарушении технологических параметров, автоматического управления и поддержания регулируемых технологических параметров на заданном уровне на тех участках, где такое управление и регулирование предусмотрено, архивирование и долговременное хранение значений технологических параметров, формирование и выдача отчетов о расходах растворов в виде таблиц и графиков. Система позволяет: предоставлять оперативную информацию обслуживающему персоналу о состоянии параметров процесса объектов автоматизации ГТП, управлять оборудованием по месту, а также в дистанционном режиме со станции оператора ГТП в случае, если такое управление предусмотрено схемой автоматизации, оперативно выявлять отклонения от технологического регламента, предоставлять данные для учета продуктивного раствора, выщелачивающего раствора и серной кислоты.

Система позволяет управлять оборудованием в одном из следующих режимов: автоматизированный режим; при переводе в этот режим технологического оборудования автоматически выполняются все операции, предусмотренные алгоритмом, режим местного управления; решение о выполнении той или иной технологической операции принимает аппаратчик и выполняет ее путем введения соответствующих команд с панели оператора, режим дистанционного управления; решение о выполнении той или иной технологической операции принимает оператор-технолог и выполняет ее путем введения соответствующих команд со станции оператора ГТП. Данный режим работы предназначен для выполнения пусковых работ после длительного простоя оборудования.

Выбор режимов работы каждого технологического оборудования осуществляет оператор технолог с помощью средств, представленных на мнемосхемах.

Основным режимом работы технологического оборудования считается

автоматизированный режим. В случае нарушения условий, при которых возможно управление в автоматизированном режиме, алгоритм управления переводит оборудование в дистанционный режим или останавливает его работу в аварийных ситуациях с выдачей сигнализации оператору технологу. Обратный перевод его в автоматизированный режим может осуществить только оператор технолог.

Нижний уровень системы управления представлен измерительными приборами, датчиками и исполнительными механизмами. Для подключения приборов и механизмов к устройствам среднего уровня (контроллеров) используются дискретные сигналы +24В, унифицированный токовый сигнал 4...20 мА и цифровой интерфейс ModBus.

Средний уровень системы выполнен на базе контроллеров SimaticS7-300, осуществляющих сбор, обработку значений технологических параметров и выдающих управляющие воздействия на исполнительные механизмы в соответствии с выбранными критериями управления.

Верхний уровень системы включает в себя две станции оператора (OS1 и OS2 с пакетом прикладных программ SimaticPCsv7.1 (SCADA-система WinCC), и специальным программным обеспечением, осуществляющим сбор, отображение и хранение информации, поступающей от контроллеров.

Примером внедрения интегрированных программных комплексов при разработке месторождений урана является разработка специалистов Северского технологического института НИЯУ «МИФИ» «Комплексное информационное обеспечение разработки месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания». В этой разработке представлен геотехнологический информационно-моделирующий экспертный комплекс (ГТИМЭК), предназначенный для информационного обеспечения управления разработкой месторождения методом скважинного подземного выщелачивания с учетом его отличительных особенностей.

ГТИМЭК позволяет собирать, хранить, обрабатывать и использовать информацию о состоянии месторождения и ходе технологического процесса, а также проводить прогнозное моделирование разработки, анализ и экспертную оценку технологических, экономических показателей и экологических последствий работы предприятия. Комплекс состоит из геологической геоинформационной, информационно-технологической, моделирующей и экспертно-аналитической систем, обменивающихся между собой разнородной информацией. Геологическая геоинформационная система (ГГИС) позволяет собирать, хранить и визуализировать информацию о состоянии геологической среды. Информационно-технологическая система (ИТС) предназначена для сбора, хранения и обработки данных о работе комплекса по добыче геотехнологического

предприятия и результатах мониторинга состояния подземного водоносного горизонта. Моделирующая система (МС) дает возможность проводить расчеты процесса подземного выщелачивания и распространения загрязняющих веществ в подземных водах.

Экспертно-аналитическая система (ЭАС) применяется для оценки и анализа результатов работы комплекса добычи, мониторинга и моделирования, а также для поддержки принятия управленческих решений.

ГГИС состоит из блоков общения и геологического моделирования, баз первичных геологических данных и моделей продуктивного горизонта. Блок общения позволяет пользователю с помощью системы диалогов вводить, просматривать, редактировать и визуализировать разнородные данные (геологические, гидрогеологические, минералогические, геохимические и т. д.) о состоянии продуктивного горизонта. Также в блоке общения оценивается достоверность введенных данных, проводится их первичная обработка, осуществляется ведение протокола ввода данных, который позволяет определять и контролировать работу ответственных лиц. База геологических данных предназначена для обеспечения целостности и хранения информации различного типа. Моделирующий блок ГГИС предназначен для построения на основе первичных данных цифровых моделей (ЦМ) рудного тела и продуктивного горизонта. Моделирующий блок производит экстраполяцию/интерполяцию геологических, минералогических, гидрогеологических, геохимических и прочих данных. Результаты геологического моделирования сохраняются в базе данных (БД) моделей месторождения.

В работе была разработана топологически связанная модель процессов подземного выщелачивания металлов. Работа посвящена построению и функционированию модели с учетом взаимодействия процессов в рудном теле и системы скважин, трубопроводов по подаче выщелачивающих и откачке продуктивных растворов, а также иных особенностей технологической системы трубопроводов.

Урановая промышленность является стратегически важной для развития топливно-энергетического комплекса РК. Внедрение современных высокотехнологичных систем автоматического управления на базе промышленного оборудования различных фирм производителей, таких как: Siemens, Schneider Elecrtic и так далее позволяют обеспечить увеличение объема производства урана и снизить негативное воздействие радиоактивных веществ на окружающую среду. Использование мощного инженерного пакета для моделирования и ведения технологических расчетов MATLAB, позволяет разрабатывать адекватные математические модели для создания систем автоматического управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кенчинбаев Р.Р. Топливо-энергетический комплекс Республики Казахстан и его экспортный потенциал / Р.Р. Кенчинбаев // Вестник КарГУ. – 2011. – С. 14-16.
2. Тусупов А.М. Альтернативная энергетика в свете проблем индустриально-инновационного развития Республики Казахстан / А.М. Тусупов // Вестник КарГУ. – 2012. – С. 3-4.
3. Бекман И.Н. Радиохимия / И.Н. Бекман // М.: Юрайт, 2014. – 473 с.
4. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана / Н.С. Тураев, И.И. Жерин // М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ. – 2005. – 409 с.
5. Мамилев В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания / В.А. Мамилев // М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.

REFERENCES

1. Kenchinbayev R.R., *Toplivno energeticheskiy kompleks Respubliki Kazakhstan i yego eksportnyy potentsial*. Vestnik KarGU, **2011**, 14 (in Russ).
2. Tusupov A.M., *Al'ternativnaya energetika v svete problem industrial'no innovatsionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstan*. Vestnik KarGU, **2012**, 3 (in Russ).
3. Bekman I.N., *Radiokhimiya*. M., Yurayt, **2014**, 473 (in Russ).
4. Turayev N.S. Zherin I.I., *Khimiya i tekhnologiya urana*. M., TSNIATOMINFORM, **2005**, 409 (in Russ).
5. Mamilov V.A., *Dобыча урана методом подземного выщелачивания*. M., Atomizdat, **1980**, 248 (in Russ).

UDC 66.017

R.E. SAKENOVA¹, L.S. BAIMOLDANOVA¹, L.I. KVEGLIS²¹D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan²S. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, KazakhstanEMERGENCE AND DISTRIBUTION OF WAVES OF BURNING
AND DEVELOPMENT OF CRACKS IN ZONES OF LOCALIZATION
OF PLASTIC DEFORMATION

The problem of nonlinear behavior of the condensed environments is one of central issue in modern physics. The formation of structures in open systems through which energy stream passes, draws attention of physicists more and more.

Keywords: plastic deformation, self-organization, burning waves, electric current.

ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯНЫҢ ОҚШАУЛАНҒАН АЙМАҚТАРЫНДА
ЖАНУ ТОЛҚЫНДАРЫНЫҢ ТУЫНДАУЫ МЕН ТАРАЛУЫ
ЖӘНЕ ЖАРЫҚТАРДЫҢ ДАМУЫ

Қазіргі заманғы физиканың ортаңғы мәселелерінің бірі – сызықты емес конденсірлі орталар сипаттамасы. Ашық жүйеде энергия ағыны өтетін құрылымдардың туындауы физик ғалымдарын өзіне назар аудартады.