

Из результатов эксперимента определены зависимости $k(t)$ и $\alpha(t)$. (рис. 6.)

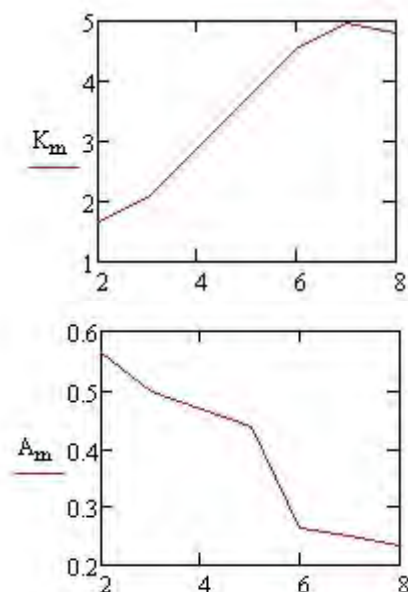


Рис 6. Графики зависимости $k(t)$ и $\alpha(t)$

Заключение

Из графиков видно, что градиентная сила со временем увеличивается, а сила сопротивления среды наоборот убывает. Это можно объяснить следующим образом: в начальный момент времени, когда частицы полезной фракции (более тяжелые) находятся в более стесненных условиях, градиентная сила имеет меньшее значение, чем в окружении легких частиц. С течением времени происходит рассеяние частиц тяжелой фракции в среде легких частиц. В этом случае должна увеличиваться подвижность частиц полезной фракции, и соответственно, увеличи-

ваться градиентная сила. Уменьшение силы сопротивления также связано с окружением, с уменьшением массы частиц окружающей среды должна уменьшаться и сила сопротивления среды.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей модернизации разработанной математической модели процесса отсадки.

Литература

1. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 208 с.
2. Блехман И.И. О теории разделения сыпучих смесей под действием колебаний / И.И. Блехман, В.Я. Хайнман // Механика твердого тела. – 1968. – № 6. – С. 5–13.
3. Рафалес-Ламарка Э.Э. Применение методов теории вероятностных процессов при исследовании расслоения постели отсадочных машин // Тр. Укр. НИИ углеобогащения. – М., 1964. – Т. 3. – С. 50–68.
4. Слепцова Е.С. Извлечение золота из магнитных шлихов отсадкой в поле действия полюсопеременного магнитного поля / Е.С. Слепцова, С.М. Федосеев // Горн. информ. – аналит. бюл. – 2015. – № 7. – С. 260–264.
5. Mayer F.W. Fundamentals of a potential theory of the jigging process. VII Int. Min. Proc. Congr. – New-York, 1964. – P. 78–86.
6. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения. – М.: Недра, 1979. – 295 с.
7. Математическое моделирование процесса отсадки / Л.В. Никифорова, А.И. Матвеев, Е.С. Слепцова, Б.В. Яковлев // Мат. заметки СВФУ. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 106–112.

Поступила в редакцию 20.05.2016

УДК 622.271

Модернизация горного оборудования непрерывного действия для открытой разработки месторождений

А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина

Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск

Рассматривается проблема повышения эффективности открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых, предложена усовершенствованная конструкция рабочего органа ка-

ЧЕБАН Антон Юрьевич – к.т.н., с.н.с., доцент, chebanay@mail.ru; ХРУНИНА Наталья Петровна, к.т.н., с.н.с., nretx@mail.ru.

рьерного комбайна, предназначенного для разработки сложноструктурных месторождений. Дано обоснование необходимости оснащения рабочего органа комбайна комбинированными режущими инструментами. Позиционирование поворотных резцов в зоне обработки осуществляется с учетом прочностных характеристик породы посредством автоматической системы управления процессом. Система управления оптимизирует сочетание таких технологических параметров, как скорость вращения рабочего органа и скорость продвижения комбайна. Предлагаемая конструкция усовершенствованного рабочего органа карьерного комбайна позволяет эффективно разрабатывать сложноструктурные месторождения.

Ключевые слова: твердые полезные ископаемые, открытые горные работы, карьерный комбайн, рабочее оборудование, поворотные резцы, система управления.

Modernization of Mining Equipment of Continuous Action for Open Mining

A.Yu. Cheban, N.P. Khrunina

Mining Institute, FEB RAS, Khabarovsk

The paper considers the problem of increasing the effectiveness of open mining of solid minerals deposits. By the results of the study we proposed an advanced design of a working body of a surface miner for developing deposits with difficult structure. The substantiation of the need to equip a surface miner working body with combined cutting tools is given. In the proposed working body the positioning of rotary cutters during the work is set depending on hardness characteristics of the rock by the automatic control system. The control system optimizes the combination of such technological parameters as the speed of rotation of a working body and a surface miner forward speed. The proposed design of the advanced working body of a surface miner gives a chance to develop deposits with difficult structure more effectively.

Key words: solid minerals, open-pit mining, surface miner, working body, rotary cutters, control system.

Введение

Российская Федерация обладает крупнейшими разведанными запасами железной руды, титана, серебра, золота, алмазов и других полезных ископаемых. Значительная часть этих ресурсов сосредоточена в регионах Сибири и Дальнего Востока [1]. Известно, что вклад минерально-сырьевого комплекса в ВВП РФ составляет около 20%, в доходную часть Федерального бюджета – около 50%, выручка от продажи минеральных ресурсов достигает 65–70% всех валютных поступлений в страну [1–2]. Данные показатели подтверждают исключительную важность минерально-сырьевого комплекса для поддержания устойчивого состояния экономики и создания условий успешного технологического развития базовых отраслей промышленности в перспективе.

В России и в других крупнейших горнодобывающих странах (США, Китай, Австралия, Бразилия и др.) основной объем твердых полезных ископаемых добывается с помощью открытого способа разработки. В связи с появлением новых и усовершенствованных горных машин, транспортного, бурового и погрузочного оборудования, оптимизацией транспортных систем, обеспечением повышения устойчивости бортов

карьеров, увеличением высоты уступов, уточнением горнотехнических и горно-геологических условий разработки месторождений, а также с созданием новых методов проектирования глубина ведения открытых работ постепенно понижается [3–4]. Проектирование и эксплуатация глубоких карьеров связаны с решением целого комплекса задач, суть которых сводится к выбору оптимальных параметров и технологий, обеспечивающих экономически обоснованную и безопасную отработку месторождения; определяющее влияние при этом оказывает глубина карьера, угол наклона его бортов и их конструкция [5].

Постановка проблемы и анализ последних исследований

Анализ ранее выполненных исследований показывает, что повышение эффективности открытой разработки крупных месторождений твердых полезных ископаемых достигается, в частности, путем внедрения циклично-поточных и поточных технологий с использованием горного оборудования непрерывного действия [6–9]. На Дальнем Востоке России ряд месторождений имеет сложную структуру, ко-

гда пласты полезного ископаемого перемежаются пропластками пустых пород. Разработка таких месторождений с использованием буровзрывных работ приводит к перемешиванию полезного ископаемого с пустой породой, выходу негабаритов, ухудшению экологической ситуации, а также имеет целый ряд недостатков. С учетом технических параметров карьерного оборудования, задействованного на угольных разрезах Дальнего Востока, применение традиционных технических средств и технологий не позволяет вести селективную выемку угля и других полезных ископаемых, в результате чего значительные по мощности пропластки вмещающей породы включаются в полезную толщу, снижая качество добываемого полезного ископаемого [10–11]. Валовая отработка сложноструктурных угольных пластов приводит к увеличению зольности угля. При сжигании такого топлива на ТЭЦ ухудшаются экономические и экологические параметры работы электростанции, поскольку при увеличении зольности значительно снижается теплоотдача, резко увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу и количество продуктов сжигания, которые необходимо складировать в золоотвалах, что ведет к ухудшению экологической обстановки в районе работы ТЭЦ [12]. Для подготовки к использованию низкосортного угля применяются различные технологии по повышению его качества путем удаления высокозольных примесей [13].

Высокоселективная выемка полезных ископаемых на сложноструктурных месторождениях может быть достигнута с помощью карьерных комбайнов, применение которых позволяет отказаться от буровзрывных работ и повысить коэффициент извлечения запасов полезного ископаемого из недр [14–16]. В качестве рабочего органа на карьерных комбайнах обычно используется барабан или шнек, на которых в определенной последовательности установлены режущие инструменты. В настоящее время карьерные комбайны применяются при разработке месторождений угля, гипса, мергеля, известняков, бокситов, фосфоритов и других полезных ископаемых, также они разрабатывают вскрышные и вмещающие породы, сложенные песчаниками, сланцами, алевролитами, аргиллитами, мерзлыми мелкозернистыми породами [16–17]. В зависимости от физико-механических характеристик разрабатываемых горных пород, с целью обеспечения наиболее эффективного процесса резания, тип и марки режущих инструментов могут изменяться. Карьерные комбайны оснащаются как стандартным рабочим органом, предназначенным для разработки пород средней крепости, так и специальными рабочими органами, предназначенными

для работы в легких или тяжелых условиях. Например, так называемые «угольные» специальные рабочие органы оснащаются резцами с увеличенным вылетом для обеспечения большого выхода крупных фракций [18].

Резание слабых по крепости горных пород (1–2 единицы по шкале М. М. Протодяконова) ведется, как правило, клиновидными резцами выемочных машин. Механизм разрушения породы подобными резцами хорошо изучен. Для работы на крепких породах такие клиновидные резцы с достаточно широкой режущей кромкой непригодны, поскольку их кромки отгибаются, сминаются и быстро изнашиваются. Для пород крепостью более 2–3 единиц по шкале М.М. Протодяконова целесообразно применять резцы с округлыми сферическими наконечниками, при воздействии такого резца происходит смятие и скол породы [19]. Очевидно, что такие режущие инструменты нецелесообразно применять для резания слабых пород, поскольку энергоемкость процесса становится значительно выше, чем при резании клиновидными резцами.

Постановка задачи

Известно, что на сложноструктурных месторождениях, сложенных породами разной крепости, при переходе работы комбайна с отработки одного типа горной породы к другому, для обеспечения минимальной энергоемкости резания горных пород и получения большей производительности целесообразна замена рабочего органа на другой, предназначенный для работы в конкретных условиях (легких, средних или тяжелых) или замена резцов [18]. Однако данная замена ведет к значительным по времени простоям, в то же время использование рабочего органа при работе с породами большей прочности, чем та на которую он рассчитан, приводит к быстрому износу и поломкам резцов, а при использовании рабочего органа на заведомо менее прочных породах, чем те, для которых он приспособлен, ведет к неполному использованию технических возможностей комбайна по производительности и переизмельчению горной массы.

В работе решается задача по усовершенствованию рабочего органа карьерного комбайна с целью повышения производительности и обеспечения минимальной энергоемкости резания горных пород при отработке сложноструктурных месторождений, сложенных породами разной крепости.

Предложения и обсуждение результатов

Предлагается конструкция рабочего органа карьерного комбайна, оборудованного комби-

нированным режущим инструментом, для более эффективной разработки сложноструктурных месторождений, сложенных породами разной крепости. Рабочий орган карьерного комбайна представляет собой барабан 1 с подвижно установленными на нем ступицами 2, на каждой из которых жестко закреплены по два резцедержателя 3 и 4 (рисунок).

В резцедержатель 3 устанавливается режущий инструмент (резец) 5, например, клиновидный резец, для разрушения породы малой крепости, а в резцедержатель 4 – резец 6 со сферическим наконечником для разрушения породы большей крепости сложноструктурного месторождения. Ступицы 2 могут поворачиваться в пазах 7 барабана 1 относительно осей 8 и через поворотные рычаги 9 и тяги 10 взаимодействуют с поворотными гидроцилиндрами 11, расположенными внутри барабана 1. Резцедержатель 3 имеет упорный торец 12 для сопротивления крутящему моменту, возникающему при резании резцом 6 крепких пород. Часть поворотных рычагов 9 оснащена фиксаторами 13, которые замыкаются при работе резцов 5 для снятия нагрузок с тяг 10 и штоков поворотных гидроцилиндров 11. Рабочий орган комбайна установлен на опорах 14, 15 и приводится во вращение приводом 16. На комбайне устанавливается система распознавания границ слоев горных пород.

При разработке пород малой крепости штоки поворотных гидроцилиндров 11 втянуты (рис. в) и обработка массива происходит с помощью резцов 5. При приближении рабочего органа комбайна к крепкому слою породы срабатывает автоматическая система распознавания границ слоев, управляющий сигнал подается на системный блок комбайна. После обработки полученной информации комбайн в автоматическом режиме приподнимает рабочий орган. Поворотные гидроцилиндры 11 через тяги 10, поворотные рычаги 9 и ступицы 2 производят установку резцов 6 в рабочее положение (рис. а, б). Рабочий орган комбайна опускается и начинает разрушение крепкой породы, при этом упорные торцы 12 резцедержателей 3 прижимаются к барабану 1 и воспринимают усилия, передающиеся на ступицы 2 со стороны резцов 6. В случае приближения слоя менее крепких пород процесс переустановки резцов повторяется. Рабочий орган приподнимается, штоки поворотных гидроцилиндров втягиваются и через тяги, поворотные рычаги и ступицы производится установка резцов 5 в рабочее положение, при этом резцы 6 прижимаются к барабану (рис. в). Одновременно поворотные рычаги стопорятся фиксаторами 13, с целью снижения нагрузок на тяги и поворотные гидроцилиндры, возникающих при разработке массива.

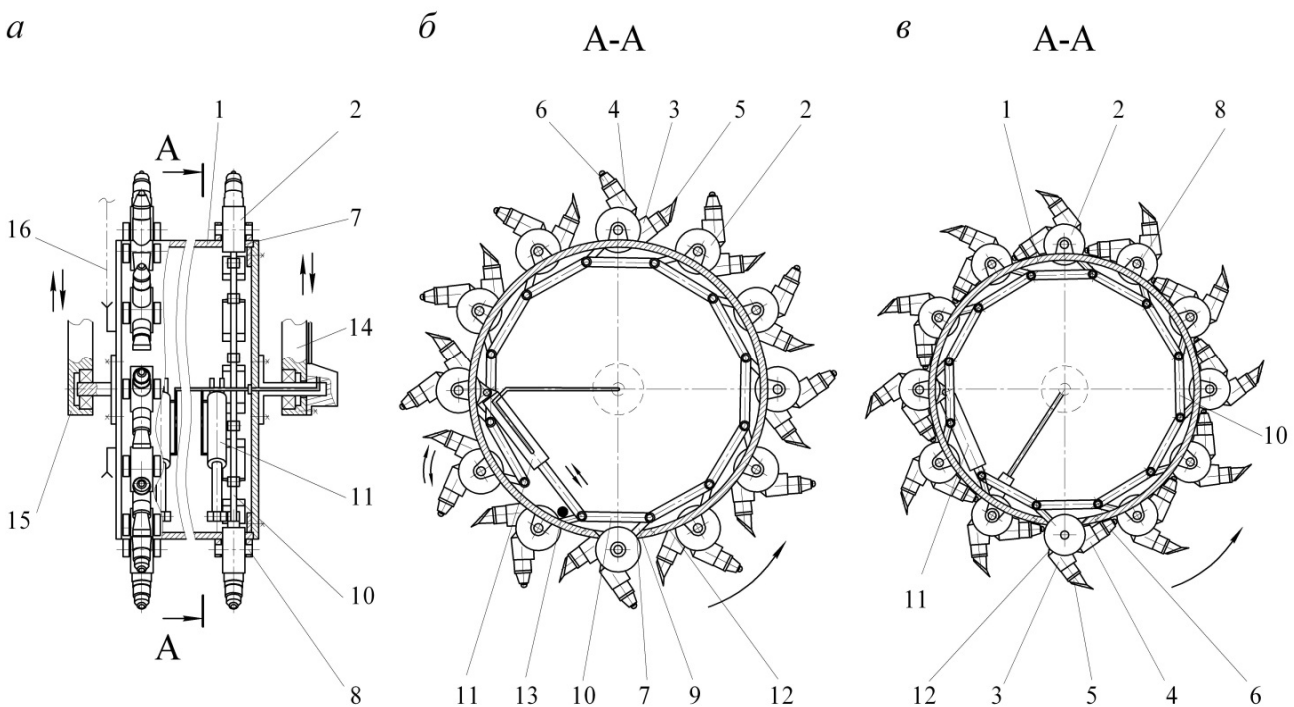


Схема усовершенствованного рабочего органа комбайна с комбинированным режущим инструментом: а – рабочий орган комбайна; б – разрез А-А – резцы рабочего органа в положении для разработки крепких горных пород; в – разрез А-А – резцы рабочего органа в положении для разработки горных пород малой крепости

Таким образом, карьерный комбайн послойно обрабатывает месторождение, состоящее из чередующихся прослоев крепких и менее крепких, но более пластичных горных пород. Позиционирование поворотных резцов в зоне обработки осуществляется с учетом прочностных характеристик породы посредством автоматической системы управления процессом. Система управления процессом также оптимизирует сочетание таких технологических параметров, как скорость вращения рабочего органа и скорость продвижения комбайна.

Выводы

Исследования в области совершенствования горного оборудования непрерывного действия для открытой разработки месторождений, в том числе автоматизация всего рабочего процесса машины, являются актуальной проблемой. В работе решена задача повышения производительности и обеспечения минимальной энергоемкости резания горных пород при обработке сложноструктурных месторождений, сложенных породами разной крепости горизонтальными, вертикальными или наклонными слоями.

Предлагаемая конструкция рабочего органа карьерного комбайна, оснащенного комбинированным режущим инструментом, позволяет эффективно разрабатывать сложноструктурные месторождения, состоящие из чередующихся прослоев различных горных пород.

Литература

1. Трубецкой К.Н. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства / К.Н. Трубецкой, С.В. Корнилов, В.Л. Яковлев // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 15–19.
2. Мельников Н.Н. Концепция ресурсобалансированного освоения минерально-сырьевой базы / Н.Н. Мельников, В.М. Бусырев // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2005. – № 2. – С. 58–64.
3. Яковлев В.Л. Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок // Горн. журн. – 2009. – № 11. – С. 11–14.
4. Яковлев В.Л. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров / В.Л. Яковлев, Ю.А. Бахтурин, А.Г. Журавлев // Наука и образование. – 2015. – № 4. – С. 67–72.
5. Мельников Н.Н. Новая концепция разработки месторождений глубокими карьерами / Н.Н. Мельников, А.А. Козырев, С.В. Лукичев // Горн. журн. – 2009. – № 11. – С. 7–11.
6. Яковлев В.Л. Развитие методов исследования и решения проблем разработки месторождений твердых полезных ископаемых в Аркти-

ческом и прилегающих к нему регионах // Наука и образование. – 2015. – № 1. – С. 5–8.

7. Ермаков С.А. Новые способы разработки малообъемных алмазных месторождений и доработка подкарьерных запасов алмаза / С.А. Ермаков, Л.Н. Федоров // Наука и образование. – 2015. – № 4. – С. 62–67.

8. Гаврилов В.Л. Оценка состояния открытой разработки угольных месторождений Центральной и Северной Якутии / В.Л. Гаврилов, С.А. Ермаков, Д.В. Хосоев // Горн. информ.-аналит. бюл.: науч.-техн. журн. – 2010. – № 11. – С. 29–36.

9. Чебан А.Ю. Выемочная техника, задействованная на угольных разрезах в южной части Дальневосточного региона // Вестн. Тихоокеан. гос. ун-та. – 2013. – № 3. – С. 81–84.

10. Чебан А.Ю. Техника и технологии разработки угольных разрезов Приамурья и перспективы их развития / А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина // Маркшейдерия и недропользование. – 2015. – № 1. – С. 19–21.

11. Щадов В.М. Открытая разработка сложноструктурных угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока. – М.: МГУ, 2004. – 298 с.

12. Москаленко Т.В. Управление отходами горной промышленности как элемент устойчивого развития республики Саха (Якутия) / Т.В. Москаленко, Е.В. Ворсина // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 10. – С. 98–102.

13. Москаленко Т.В. Применение устройства фракционирования для удаления высокозольных примесей из низкосортных углей / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев // Физ.-техн. пробл. разработки полезн. ископ. – 2004. – № 2. – С. 112–116.

14. Пихлер М. Опыт селективной разработки угольных месторождений / М.Пихлер, Ю.Б. Панкевич, Wirtgen Surface Miner // Горн. пром-сть. – 2003. – № 4. – С. 40–47.

15. Чебан А.Ю. Использование горного оборудования для механического разрушения скальных и полускальных пород / А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина // Горн. пром-сть. – 2014. – № 2. – С. 104–107.

16. Улучшение качества угля за счет селективной разработки сложноструктурного Эльгинского каменноугольного месторождения / С.А. Ермаков, В.Л. Гаврилов, Д.В. Хосоев, Е.А. Хоютанов // Наука и образование. – 2012. – № 1. – С. 24–29.

17. Чебан А.Ю. К вопросу об определении производительности карьерных комбайнов в различных условиях эксплуатации // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 3. – С. 145–148.

18. Применение карьерного комбайна Wirtgen 2200SM при разработке Восточно-Бейского ка-

менноугольного месторождения / Я.Ю. Ицков, С.В. Юдин, А.Н. Леоненко, А.С. Майнагашев, М.Пихлер, Ю.Б. Панкевич // Горн. пром-сть. – 2002. – № 2. – С. 43–45.

19. Чебан А.Ю. Экспериментальные исследования процесса разрушения породы резцами фрезерного рабочего органа // Вестн. Тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 125–128.

Поступила в редакцию 19.02.2016.

УДК 553.982:551.762.3(571.56–14)

Верхнеюрская нефть Вилюйской синеклизы

А.Ф. Сафронов, А.И. Сивцев, О.Н. Чалая, И.Н. Зуева*, В.Б. Черненко**

*Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

**Открытое акционерное общество "Сахатранснефтегаз", г. Якутск

В конце 70-х годов прошлого столетия произошла переориентация геологоразведочных работ, направленных на нефть и газ в Якутии, с позднепалеозойских – нижнемезозойских отложений Вилюйской синеклизы на позднедокембрийские – нижнепалеозойские отложения Непско-Ботуобинской антеклизы. Вместе с тем, степень разведанности Вилюйской синеклизы осталась крайне низкой и неоднородной. Установленный факт наличия нефтяных оторочек на газоконденсатных месторождениях Хапчагайского мегавала в пермских – верхнеюрских отложениях Вилюйской синеклизы свидетельствует о нефтеносности Лено-Вилюйской провинции. Приводится краткая характеристика нефтепроявлений, зафиксированных в скважинах на Бергеинской и Олойской структурах. Идентичность в составе и распределении углеводородов – биомаркеров в нефтях Бергеинской и Олойской площадей свидетельствует о генетической связи этих нефтей с органическим веществом высшей наземной растительности. Продуцирующей толщей для этих нефтей могли послужить как пермские, так и верхнеюрские отложения. Приведенные данные позволяют сделать предположение об определенных перспективах открытия газонефтяных и нефтяных залежей в пермских – верхнеюрских отложениях Вилюйской синеклизы.

Ключевые слова: Вилюйская синеклиза, верхняя юра, нефтепроявления, геохимия, континентальные отложения, перспективы нефтеносности.

Upper Jurassic Oil of Vilyuisk Syncline

A.F. Safronov, A.I. Sivtsev, O.N. Chalaya, I.N. Zueva*, V.B. Chernenko**

*Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk

**JSC "Sakhatransneftegas", Yakutsk

In the late 70-ies of the last century oil and gas exploration in Yakutia changed its orientation from the Late Paleozoic - Lower Mesozoic sediments of Vilyuisk syncline to the Late Precambrian - Lower Paleozoic sediments of the Nepsko-Botuobinsk antecline. At the same time, the degree of exploration of Vilyuisk syncline remained very low and non-uniform. Detection of oil rims on gas condensate fields of Hapchagaysk megaswell in the Permian - Upper Jurassic deposits of Vilyuisk syncline indicates about oil-bearing of Leno-Vilyuisk province. A brief description of recorded showings of oil in wells on Bergeinsk and Oloi structures is presented. Identity in the composition and distribution of hydrocarbons - biomarkers in oils of Bergeinsk and Oloi area indicates the genetic relationship of these oils with organic matter of higher terrestrial vegetation. Producing stratum of these oils can serve as the Permian and the Upper Jurassic deposits. These data lead to the assumption of certain prospects of opening of gas-oil and oil deposits in the Permian - Upper Jurassic deposits of Vilyuisk syncline.

Key words: Vilyuisk syncline, Upper Jurassic, showings of oil, geochemistry, continental sediments, oil-bearing prospects.

САФРОНОВ Александр Федотович – д.г.-м.н., чл.-корр. РАН, г.н.с., e-mail: a.f.safronov@prez.ysn.ru; СИВЦЕВ Алексей Иванович – к.г.-м.н., с.н.с., e-mail: maraday@yandex.ru; ЧАЛАЯ Ольга Николаевна – к.г.-м.н., зав. лаб., e-mail: o.n.chalaya@ipng.ysn.ru; ЗУЕВА Ираида Николаевна – к.г.-м.н., в.н.с., e-mail: i.n.zueva@ipng.ysn.ru; ЧЕРНЕНКО Вадим Борисович – зам. рук. отдела, e-mail: v_b.chernenko@yandex.ru.