

геолого-геофизическим, аэрогеофизическим, геохимическим материалам и данным бурения.

В настоящее время во всем мире происходит интенсивное развитие инновационных аэрогеофизических, в том числе беспилотных технологий и соответствующих технических средств, направленных на повышение эффективности проводимых ГРП на уран. Стремительно развиваются также наземные и скважинные технологии, позволяющие создавать достоверные объемные модели объектов, которые служат основой для планирования дорогостоящих горно-буровых работ. Важнейшее место при поисках скрытого уранового оруденения принадлежит геохимическим и изотопно-геохимическим методам, позволяющим обнаруживать скрытое оруденение на значительных глубинах.

С учетом развития современных инновационных технологий представляется возможным сформировать рациональные прогнозно-поисковые комплексы для конкретных перспективных площадей с учетом ландшафтно-геоморфологических и геолого-структурных условий ведения ГРП. Эти комплексы должны проходить апробацию на объектах-эталонах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов, А.И. Аэроадиогеохимическое картирование. Методические рекомендации / А.И. Краснов, Е.Б. Высокоостровская, Е.И. Зубов и др. — Л.: НПО Рудгеофизика, 1983. — 104 с.
2. Бабкин, Н.Я. Эволюционно-геологическая модель формирования «слепых» и слабопроявленных месторождений урана типа «несогласия» в Восточном Присяянье / Н.Я. Бабкин, Н.А. Гребенкин, А.П. Долгушин и др. // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 3. — С. 3–8.
3. Бахур, А.Е. Радиоизотопные методы при поисках и оценке инфильтрационных месторождений урана в Южном Казахстане / А.Е. Бахур, Т.М. Овсянникова, Л.И. Мануилова и др. // Информационный сборник. Материалы по геологии, поискам и разведке месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 159. — М.: РИС «ВИМС», 2015. — С. 363–377.
4. Виноградова, И.В. Применение метода ионно-солевого комплекса (ИСК) при ревизионно-поисковых и поисково-оценочных работах на уран / И.В. Виноградова, В.Е. Голомолзин, А.Н. Сергеев, В.В. Шаулкин // «Уран: геология, ресурсы, производство. Второй международный симпозиум» — М.: ВИМС, 2013. — С. 34–36.
5. Долгушин, А.П. Условия формирования и локализации уранового и золото-уранового оруденения в докембрийских формациях Северо-Енисейского района: Автореф. дисс. / А.П. Долгушин. — М.: ВИМС, 2009.
6. Машковцев, Г.А. Современные научные основы прогнозирования урановых месторождений / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, В.Н. Щеточкин // Уран: Ресурсы и производство. Второй международный симпозиум. Москва, 26–28 ноября 2008 г. Сборник тр. — М.: ВИМС, 2009. — С. 40–60.
7. Петров, А.В. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» / А.В. Петров, Д.Б. Юдин, Хоу Сюели // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. — 2010. — № 2. — Вып. 16. — С. 126–132.
8. Шаткевич, С.Ю. Моделирование разноранговых ураноносных объектов в потенциальных полях / С.Ю. Шаткевич // Геофизические методы исследования Земли и ее недр. — 2016. — С. 146–156.
9. *Advances in airborne and ground geophysical methods for uranium exploration.* — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2013.
10. Drever, G. Geosphere-Biosphere Orientation Study over the Cigar West Unconformity Uranium Deposit in the Athabasca Basin of Northern Saskatchewan. Final Report / G. Drever et al. / Uravan Minerals Inc., Athabasca Basin, Saskatchewan, July, 2010.
11. Lo, B. Z-TEM™ (Airborne AFMAG) tests over unconformity uranium deposits / B. Lo, J. Legault, P. Kuzmin. — 2009, Geotech Ltd.
12. Powell, B. Advances in Geophysical Exploration for Uranium Deposits in the Athabasca Basin, Plenary Session: Ore Deposits and Exploration Technology / B. Powell, G. Wood, L. Bzdel. — 2007. — С. 771–790.

13. Wang, X. Deep-penetrating geochemistry for sandstone-type uranium deposits in the Turpan–Hami basin, north-western China / X. Wang, S. Xu, B. Zhang, S. Zhao / Applied Geochemistry, 26 (2011) 2238–2246.

© Коллектив авторов, 2017

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@df.ru  
Алтунин Олег Викторович // papamargo@yandex.ru  
Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin2@mail.ru  
Коротков Владимир Викторович // vvk46@list.ru  
Овсянникова Татьяна Михайловна // lab@u238.ru  
Ржевская Анна Кирилловна // anna.k.rzhevskaya@gmail.com

УДК.553.04 (470)

Святецкий В.С., Полонянкина С.В., Ермаков А.Г.  
(АО «Атомредметзолото»)

### УРАНОДОБЫВАЮЩАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*Рассмотрены состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы урана АО «Атомредметзолото». Охарактеризовано состояние уранодобывающей отрасли в России в целом и по отдельным уранодобывающим предприятиям ПАО «ППГХО», АО «Хиагда» и АО «Далур». Отражены основные планы по развитию уранодобывающих предприятий и существующие проблемы. **Ключевые слова:** уран, рынок урана, минерально-сырьевая база урана, добыча, скважинное подземное выщелачивание, обеспеченность запасами, восполнение ресурсной базы.*

Svyatetskiy V.S., Polonyankina S.V., Ermakov A.G.  
(Atomredmetzoloto)

URANIUM-MINING INDUSTRY OF RUSSIA:  
THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

*The article deals with the state and prospects of development of the uranium mineral resource base of JSC «Atomredmetzoloto». The state of the uranium mining industry in Russia and for individual uranium mining enterprises of PJSC «PPGHO», JSC «Hiagda» and JSC «Dalur» is characterized. It is reported the main plans for the development of uranium mining enterprises and existing problems. **Keywords:** uranium, uranium market, uranium mineral resource base, mining, subsurface leaching, provision of reserves, replenishment of resource base.*

**Минерально-сырьевая база урана АО «Атомредметзолото»**

АО «Атомредметзолото» — Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом» — консолидирует предприятия по добыче урана на территории Российской Федерации, находящиеся на разных стадиях жизненного цикла: от геологоразведки до промышленной эксплуатации месторождений. Стратегическая цель дивизиона — обеспечение потребностей Госкорпорации «Росатом» в российском уране по конкурентоспособной себестоимости и без геополитических рисков. В контуре управления АО «Атомредметзолото» нахо-

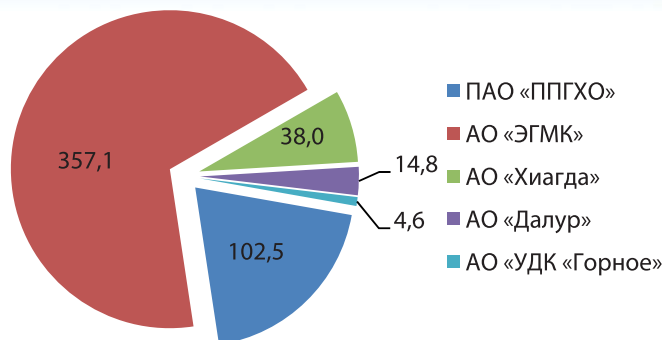


Рис. 1. Минерально-сырьевая база АО «Атомредметзолото», тыс. т

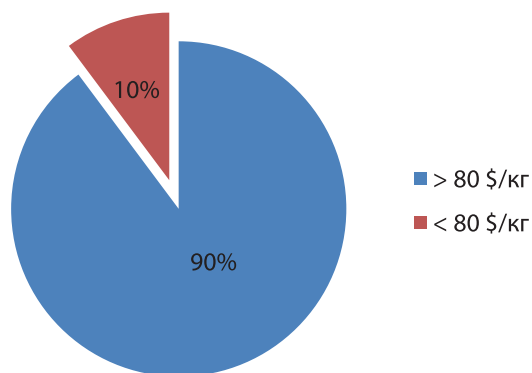


Рис. 2. Распределение МСБ АО «Атомредметзолото» по стоимостной категории, %

дятся предприятия, владеющие 30 лицензиями на право пользования недрами на урановые месторождения с целью разведки и добычи урана. Минерально-сырьевая база АО «Атомредметзолото» по состоянию на 01.01.2017 составляет 517,1 тыс. т урана по кат.  $C_1+C_2$  (рис. 1).

При этом основная часть минерально-сырьевой базы (90 %) представлена объектами с рядовыми и бедными рудами, пригодными для отработки подземным горным способом, что обуславливает высокую себестоимость добычи. Только 10 % минерально-сырьевой базы АРМЗ (52,8 тыс. т) составляют объекты песчаникового типа, освоение которых возможно высокоэффективным способом скважинного подземного выщелачивания, что определяет их отнесение к низкой ценовой категории добычи — 40–80 долл. США/кг (рис. 2).

#### Состояние уранодобывающей отрасли

Добыча урана в России осуществляется на трех предприятиях, входящих в структуру АО «Атомредметзолото»: ПАО «ППГХО» в Забайкальском крае, АО «Хиагда» в Республике Бурятия и АО «Далур» в Курганской области. В 2016 г. на предприятиях АРМЗ было добыто 3017 т урана (рис. 3). Основное предприятие по добыче урана на территории Российской Федерации — ПАО «ППГХО». В 2016 г. объем добычи урана ПАО «ППГХО» составил 1884 т или 62 % от общего объема добычи урана в Российской Федерации. АО «Далур» добыто 592 т урана, АО «Хиагда» —

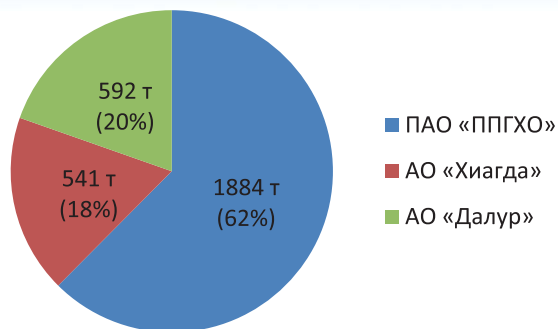


Рис. 3. Добыча урана в 2016 г. по предприятиям, тыс. т

541 т, что составляет 20 и 18 % от общего объема добычи соответственно. В условиях низких цен на природный уран в среднесрочной перспективе (2017–2020 гг.) ключевым фактором успеха на рынке становится конкурентная себестоимость урана, которая может быть достигнута в первую очередь за счет реструктуризации добычи на ПАО «ППГХО» и сбалансированного наращивания экономически эффективной добычи урана на предприятиях подземного выщелачивания.

#### ПАО «Приаргунский производственный горно-химический комбинат»

ПАО «ППГХО» является крупнейшим горнорудным предприятием Забайкальского края. В его состав входят подземные рудники, угольный разрез, гидрометаллургический, сернокислотный, ремонтно-механический заводы, теплоэнергоцентр, транспортные предприятия и другие вспомогательные производства. Основной сырьевой базы ПАО «ППГХО» служит Стрельцовская группа урановых и молибден-урановых месторождений. Минерально-сырьевая база ПАО «ППГХО» представлена в табл. 1. Кроме запасов урановых руд предприятие обеспечено значительными запасами бурого угля, известняка, строительных

Таблица 1

Минерально-сырьевая база ПАО «ППГХО» по состоянию на 01.01.2017

Месторождение	Запасы, тыс. т		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	Всего
Стрельцовское	18,8	8,7	27,5
Антей	2,7	2,3	5,1
Лучистое	0,6	1,2	1,8
Мартовское	2,0	1,1	3,1
Октябрьское	3,6	2,1	5,7
Малотулукуевское	8,3	2,3	10,5
Тулукуевское	1,7	0,4	2,0
Юбилейное	4,4	0,4	4,8
Новогоднее	0,6	0,1	0,7
Весеннее	0,1	0,4	0,4
Аргунское	28,0	9,5	37,4
Жерловое	3,1	0,3	3,5
Итого	73,8	28,8	102,5

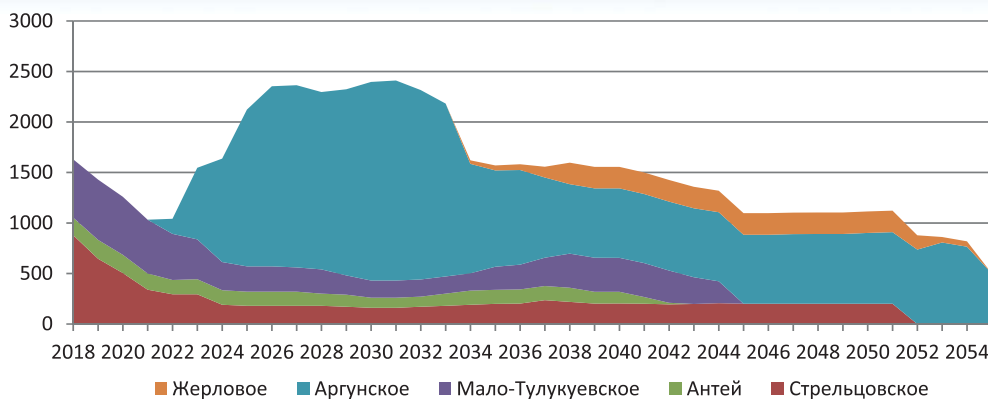


Рис. 4. График отработки месторождений Стрельцовского рудного поля

материалов, минеральных и подземных вод хозяйственно-питьевого назначения.

Разработка месторождений Стрельцовского рудного поля подземным способом осуществляется уже более 48 лет. Содержание полезного компонента в остаточных запасах снижается, что соответственно приводит к повышению себестоимости продукции и отрицательно влияет на экономические результаты предприятия.

В 2017 г. по причине истощения минерально-сырьевой базы и высокой себестоимости добычи из эксплуатации выводится часть месторождений с проведением мероприятий по консервации. Компенсировать снижение уровня добычи и эффективно использовать производственную инфраструктуру ПАО «ППГХО» позволит строительство и ввод в эксплуатацию рудника № 6 на базе Аргунского и Жерлового месторождений. Начало добычи на руднике № 6 планируется в 2022 г., выход на проектную мощность ожидается в 2026 г.

Вовлечение в эксплуатацию запасов месторождений Аргунское и Жерловое позволит поддержать и увеличить текущую производительность предприятия, а также продлить срок его существования более чем на 35 лет. Объем добычи урана в ПАО «ППГХО» после ввода в эксплуатацию рудника № 6 составит более 2,3 тыс. т урана в год. Строительство рудника № 6 гарантированно обеспечит работу предприятия до 2050 г. с сохранением рабочих мест и позволит поддерживать экономически эффективный объем добычи на ПАО «ППГХО» в долгосрочной перспективе в условиях истощения сырьевой базы действующих рудников. График отработки месторождений Стрельцовского рудного поля представлен на рис. 4.

#### АО «Хиагда»

АО «Хиагда» осуществляет добычу урана способом СПВ на месторождениях Хиагдинского рудного поля в Республике Бурятия и является наиболее перспективным российским урановым активом.

Минерально-сырьевая база АО «Хиагда» состоит из месторождений Хиагдинское, Источное, Вершинное, Дыбрынское, Количиканское, Намаруское и Кореткондинское с общими запасами 38,0 тыс. т по кат.  $C_1+C_2$  по состоянию на 01.01.2017, а также месторождения Тетрахское с запасами 6,4 тыс. т, находящегося в

нераспределенном фонде (табл. 2). Все месторождения имеют сходное геологическое строение и геотехнологические параметры. На всех месторождениях проведены геологоразведочные работы, подготовлено и утверждено технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций на группу месторождений Хиагдинского рудного поля. Месторождения подготовлены к промышленному ос-

воению. Объем добычи по итогам 2016 г. составил 541 т урана. Добычные работы ведутся на месторождениях Хиагдинское, Источное и Вершинное. К 2019 г. планируется достичь производительности 1000 т урана в год. На сегодня основные объекты производственной площадки и сопутствующей инфраструктуры, созданные на предприятии, позволят обеспечить производительность более 1500 т урана в год.

В ближайшей перспективе планируется планомерное вовлечение в эксплуатацию месторождений Дыбрынское и Количиканское, в последующем — месторождений Намаруское, Тетрахское, Кореткондинское (рис. 5). Выявленные рудопроявления Дулесма и Красное также рассматриваются в качестве сырьевой базы АО «Хиагда». Планомерный ввод месторождений в эксплуатацию позволит максимально эффективно использовать созданную инфраструктуру предприятия и сохранить экономическую эффективность добычи в условиях снижения цен на природный уран. Учитывая существующий опыт отработки месторождений Хиагдинского рудного поля, при производительности 1000 т в год предприятие обеспечено запасами на период до 2036 г., после чего неизбежно произойдет снижение объемов добычи. Для долгосрочного развития наиболее перспективного и экономичного метода СПВ в непосредственной близости от

Таблица 2  
Минерально-сырьевая база АО «Хиагда» по состоянию на 01.01.2017

Месторождение	Запасы, тыс. т		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	Всего
Хиагдинское	3,7	3,6	7,4
Вершинное	4,3	0,3	4,6
Источное	1,6	0,4	2,1
Количиканское	4,1	2,4	6,5
Намаруское	4,5	1,6	6,1
Кореткондинское	3,5	1,2	4,7
Дыбрынское	5,5	1,2	6,6
Итого	27,3	10,7	38,0
Нераспределенный фонд			
Тетрахское		6,4	6,4
Всего	27,3	17,1	44,4

**Таблица 3**  
**Минерально—сырьевая база АО «Далур», тыс. т**

Месторождение	Запасы, тыс. т		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	Всего
Далматовское	2,0	1,3	3,4
Хохловское	3,0	1,3	4,4
Добровольное	0,3	6,7	7,1
Итого	5,4	9,4	14,8

промышленной площадки АО «Хиагда» имеется значительный ресурсный потенциал в пределах Витимского урановорудного района. Для поддержания уровня добычи урана в России и восполнения выбывающих мощностей ПАО «ППГХО» в перспективе возможно создание нового добывающего предприятия на базе Витимского урановорудного района. Значительный, на первый взгляд, ресурсный потенциал Витимского урановорудного района характеризуется низкой степенью изученности и рассредоточен по ряду площадей, удаленных друг от друга, что сегодня не позволяет рассматривать какую-либо из перспективных площадей в качестве основы для создания нового предприятия подземного выщелачивания. Продолжение поисковых работ за счет федерального бюджета позволит реализовать ресурсную оценку конкретных рудных узлов и в случае успешного завершения работ подготовить базу для создания нового предприятия подземного выщелачивания.

#### АО «Далур»

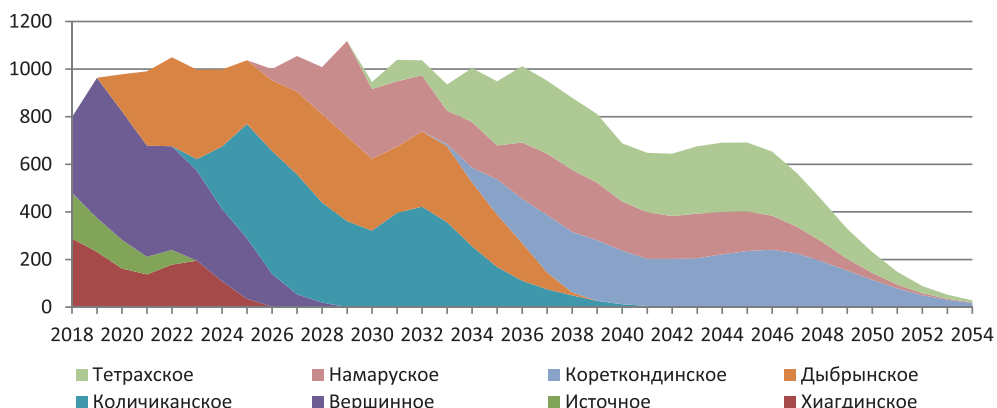
АО «Далур» ведет работы по добыче урана способом скважинного подземного выщелачивания на месторождениях Курганской области.

Минерально-сырьевой базой АО «Далур» являются месторождения Зауральского урановорудного района — Далматовское, Хохловское и Добровольное. Общий объем запасов кат. C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> по состоянию на 01.01.2017 оценивается в 14,8 тыс. т урана, ресурсов по кат. P<sub>1</sub> — в 11,1 тыс. т. Минерально-сырьевая база АО «Далур» представлена в таблице 3. Сырьевая база АО «Далур» ограничена вышеперечисленными месторождениями, возможности ее существенного увеличения отсутствуют.

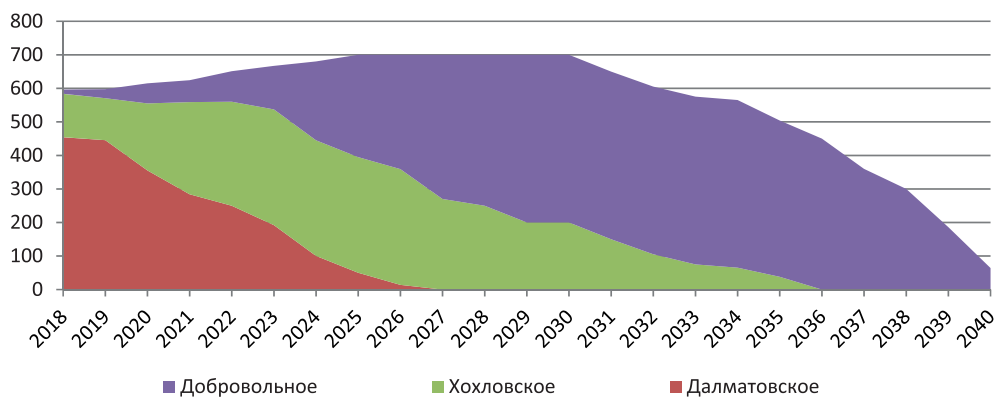
В настоящее время АО «Далур» ведет промышленную отработку запасов на месторождении Далматовское, опытно-промышленные ра-

боты на месторождении Хохловское, а также подготовку к проведению геологоразведочных работ на месторождении Добровольное. В 2016 г. АО «Далур» было добыто 592 т урана. В дальнейшем предусматривается плавный рост производства с выходом на проектную мощность 700 т в год и поддержание ее до 2030 г., затем снижение производительности и окончание разработки месторождений к 2040 г. Увеличение объемов добычи будет достигнуто за счет увеличения мощности добычного и перерабатывающего комплексов месторождения Хохловское и ввода в эксплуатацию месторождения Добровольное. Оработка месторождения Хохловское продлится до 2036 г., после чего продолжится оработка месторождения Добровольное с постепенным снижением объемов добычи. На месторождении Далматовское планируется вывод из эксплуатации отработанных участков начиная с 2021 г. АО «Далур» обеспечено запасами и ресурсами для производства природного урана до 2040 г. с учетом снижения производительности (рис. 6).

С целью повышения глубины переработки сырья АО «Далур» ведет опытно-промышленные работы по организации попутной добычи скандия из ураносодержащих растворов. В сентябре 2016 г. обеспечена поставка на баланс запасов скандия месторождения Далматовское, что позволяет осуществлять его добычу с правом коммерческой продажи. Завершена разработка технологии попутной добычи скандия, развернуто строительство опытно-промышленной установки.



**Рис. 5. График отработки месторождений Хиагдинского рудного поля**



**Рис. 6. График отработки месторождений Зауральского урановорудного района**

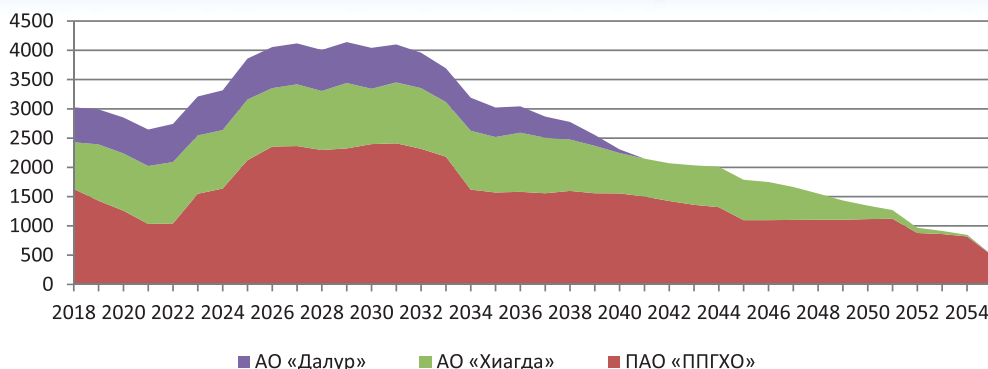


Рис. 7. График добычи урана на предприятиях ПАО «ППГХО», АО «Хиагда» и АО «Далур»

### Перспективы развития уранодобывающей отрасли

До 2020 г. планируется сохранить суммарное производство урана на трех отечественных предприятиях на уровне 3,0–3,2 тыс. т в год (в зависимости от динамики отраслевых потребностей в урановом сырье и цен на природный уран на мировом рынке), при этом увеличивая долю урана, добываемого СПВ. График добычи урана на предприятиях АО «Атомредметзолото» представлен на рис. 7.

На предприятиях подземного выщелачивания — АО «Далур» и АО «Хиагда» — планируется дальнейшее увеличение производства. АО «Хиагда», располагая значительным потенциалом для развития эффективной уранодобычи, планирует сохранять высокие темпы освоения новых месторождений Хиагдинского рудного поля. В долгосрочной перспективе производительность предприятия может быть увеличена в зависимости от потребностей рынка.

Ключевой задачей ПАО «ППГХО» на сегодняшний день, обеспечивающей восполнение выбывающей ресурсной базы, является строительство нового рудника № 6 и ввод в эксплуатацию месторождений Аргунское и Жерловое.

Вышеперечисленные меры позволяют гарантированно обеспечивать потребности в российском уране по конкурентоспособной себестоимости и без геополитических рисков, а также сохранить технические и управленческие компетенции персонала и максимально эффективно использовать производственную инфраструктуру предприятий. В случае восстановления спроса на природный уран и необходимости обеспечения возросших потребностей атомной энергетики объем производства урана в России можно будет увеличить за счет увеличения производительности действующих предприятий, вовлечения в эксплуатацию «малых» месторождений, а также новых объектов с высоким качеством руд, выявленных и подготовленных к этому времени. В долгосрочной перспективе для поддержания уровня добычи урана в России и восполнения выбывающих мощностей возможно создание нового добывающего предприятия на базе Витимского урановорудного района.

Крупные новые проекты, включая стратегический проект «Элькон», планируется ввести в долгосрочной перспективе (ориентировочно в 2030 г.) на этапе активного роста рынка. В указанный период ожидается

увеличение спроса и цен на уран, что обеспечит экономически эффективную реализацию таких проектов.

Таким образом, имеющаяся на сегодня минерально-сырьевая база урана позволит обеспечить стабильную работу предприятий по добыче урана СПВ на период до 2030 г., после чего неизбежно планируется снижение уровня добычи.

Активизация работ по поиску и разведке новых месторождений с высоким качеством руд должна позволить надежно обеспечить высокорентабельным сырьем уранодобывающие предприятия Госкорпорации «Росатом» на долгосрочный период после 2030 г. Для повышения качественной составляющей минерально-сырьевой базы урана России необходимо сосредоточить основные усилия на выявлении новых объектов по ведущим мировым промышленным типам, которые определяют рынок уранового сырья на ближайшие десятилетия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Машковцев, Г.А. Минерально-сырьевая база и производство урана в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, В.Н. Щеточкин // Минеральные ресурсы России (экономика и управление). — 2008. — № 1. — С. 45–52.
2. Машковцев, Г.А. Перспективы расширения и совершенствования сырьевой базы урана России / Г.А. Машковцев, А.Д. Коноплев, А.К. Мигута, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 9. — С. 62–71.
3. Машковцев Г.А. Формирование и освоение минерально-сырьевой базы урана России / Г.А. Машковцев, В.С. Святецкий, А.К. Мигута, С.В. Полонянкина, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 17–24.
4. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 году. Госдоклад. — М., 2015. — С. 71–80.
5. Машковцев, Г.А. Проблемы и перспективы обеспечения атомной отрасли России природным ураном / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, С.В. Полонянкина, И.Н. Солодов, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 80–87.

© Коллектив авторов, 2017

Святецкий Виктор Станиславович // VStSvyatetsky@armz.ru  
Полонянкина Светлана Викторовна // SVPolonyankina@armz.ru  
Ермаков Алексей Геннадьевич // AGErmakov@armz.ru

УДК: 001.89: 001.891 6553.495 (091)

Мионов Ю.Б., Карпунин А.М., Фукс В.З.  
(ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

### 70 ЛЕТ УРАНОВОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ РОССИИ

*Дана краткая характеристика результатов специального металлогенического анализа основных геотектонических структур страны, полученных в отделе геологии урановых месторождений и радиоэкологии ВСЕГЕИ за 70-летний период его работы. Ключевые слова: металлогения, радиоактивность, уран.*