

мониторинг реализации «Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года» (сырьевой аспект);

переоценка угольного сырьевого потенциала Арктической зоны России с целью энергообеспечения развития новых горнорудных районов, морских и речных портов, объектов социальной инфраструктуры, прилегающих к трассе Северного морского пути;

мониторинг состояния прогнозных ресурсов углей России.

В заключение следует отметить, что отсутствие должного государственного внимания к состоянию и развитию угольной отрасли — одной из важнейших в народном хозяйстве, порождает множество экономических, энергетических, социально-экономических и других проблем. Распространенное заблуждение о чудодейственных возможностях рынка, который все расставит по своим местам, неприемлемо для громадной страны с мощной минеральной сырьевой базой. Без четкой системы планирования не обходится экономика ни одной высокоразвитой страны мира.

Выводы

1. Угольная сырьевая база России является национальным богатством; она уникальна в качественном и количественном отношении, так как характеризуется наличием углей всех видов — бурых, каменных, антрацитов, и может обеспечить достижение прогнозируемых уровней добычи, запланированных проектом «Энергетической стратегии России на период до 2035 года».

2. Как масштабная государственная собственность, содержащаяся в недрах страны и являющаяся источником наиболее распространенного и надежного энергетического и технологического сырья, угольная сырьевая база требует постоянного внимания уполномоченного государством органа Минприроды России к вопросам ее изучения, воспроизводства, использования и охраны, которые должны быть спланированы и предсказуемы.

3. Действующие в настоящее время государственные программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» — ВИПР (подпрограмма «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр») — ответственный исполнитель Минприроды России, «Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года» (подпрограмма «Развитие сырьевой базы угольной промышленности и рациональное недропользование») — ответственный исполнитель Минэнерго России, «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» (проект) — автор Минэнерго России не сбалансированы между собой в плане сырьевого обеспечения угольной отрасли. Подготовленный актуализированный вариант ВИПР вообще не содержит показателей по приросту прогнозных ресурсов углей на перспективу до 2020 г.

4. В рамках принятых и готовящихся государственных решений по развитию экономики Восточной Сибири и Дальнего Востока необходимо тщательно прорабатывать энергетическую обеспеченность рассматриваемых инвестиционных проектов, опираясь, прежде всего, на основную энергоресурс региона — уголь и на развитие «чистых» угольных технологий производства энергии. Следует придерживаться международных экологических стандартов применительно к угольной отрасли, но непозволительно допускать их превращение в инструмент политического

давления на экономическую и энергетическую безопасность страны.

5. Для повышения эффективности геологоразведочных работ на слабоизученных территориях (кат. Р₃) Дальнего Востока с целью создания ресурсной базы энергомощностей на местных источниках сырья для развития горнорудных кластеров и снижения их зависимости от высокорискованных завозов топлива включить в подпрограмму «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, отрасль «уголь» ВИПР» проведение поисковых работ на уголь за счет госбюджета с оценкой прогнозных ресурсов кат. Р₁ и Р₂ и последующей передачей опоискованных объектов в лицензирование.

6. В интересах устойчивого научно-методического и информационно-аналитического обеспечения функций Минприроды России по выработке государственной политики в сфере изучения, использования, воспроизводства и охраны минерально-сырьевой базы твердых горючих ископаемых целесообразно закрепить статус головной по этим видам сырья за одной из организаций отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (утверждена постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 322).
2. Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.03.2013 г. № 466-р).
3. Михайлов, Б.К. О законодательной поддержке инновационных направлений развития минерально-сырьевого комплекса России / Б.К. Михайлов, С.А. Кимельман // Минеральные ресурсы России. — 2010. — № 2. — С. 53–61.
4. Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 21.06.2014 № 1099-р).
5. Таразанов, И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2015 года / И.Г. Таразанов // Уголь. — 2016. — № 3. — С. 58–72.
6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р).
7. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (проект) / Минэнерго России, М., 2015.

© Коллектив авторов, 2016

Логвинов Михаил Иванович // geocoal@list.ru
Гордеев Иван Владимирович // ivan_gor@inbox.ru
Микерова Вера Николаевна // vera_mikeroва@rambler.ru
Старокожева Галина Игоревна // star-galina@yandex.ru

УДК.553.04 (470)

**Машковцев Г.А.¹, Мигута А.К.¹, Полонянкина С.В.²,
Солодов И.Н.², Щеточкин В.Н.¹ (1 — ФГБУ «ВИМС»,
2 — АО «Атомредметзолото»)**

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ ПРИРОДНЫМ УРАНОМ

Рассмотрены состояние и перспективы развития производства и рынка урана в мире. Охарактеризованы ведущие геолого-промышленные типы месторождений урана, распространенные за рубежом и в России, их доля в общей сырьевой базе и производстве урана. Обоснована острая необходимость расширения и улучшения качества отечественной МСБ урана. Приведены результаты деятельности Росатома и Роснедр в 2012–2016 гг., показаны проблемы,

стоящие перед отраслью, и пути их решения. **Ключевые слова:** уран, рынок урана, минерально-сырьевая база, геолого-промышленные типы урановых месторождений, производство, воспроизводство.

Machkovtsev G.A.¹, Miguta A.K.¹, Polonyankina S.V.², Solodov I.N.², Shchetochkin V.N.¹ (1 — VIMS, 2 — Atomredmetzoloto)

NATURAL URANIUM AVAILABILITY OF RUSSIAN NUCLEAR INDUSTRY — PROBLEMS AND PROSPECTS

*The state and prospects of development and production of uranium in the world market are considered. The main geological minable types of uranium deposits common in the world and in Russia, their share in the total uranium resources and production are characterized. The urgent need of expanding and improving the quality of domestic uranium mineral resources are substantiated. The results of the activities of «Rosatom» and «Rosnedra» in 2012–2016 are given, as well as the problems facing the industry, and ways of their solutions. **Keywords:** uranium, uranium market, mineral resources, geological minable types of uranium deposits, production, re-production.*

На конец 2015 г. **атомная энергетика** занимала четвертое место в мировом электроэнергетическом балансе с долей около 11 % после угольной (41 %), газовой (20 %) и гидроэнергетики (16 %).

Сложности, с которыми столкнулась атомная отрасль после аварии на АЭС «Фукусима I», существенно повлияли на ее развитие. В 2011–2014 гг. **конъюнктура рынка урана** резко ухудшилась. Следствием аварии стало уменьшение спроса на уран, за которым последовали падение рыночной активности и продолжительные снижения котировок более чем на 40 % [4].

В 2014–2015 гг. мировое ежегодное потребление урана составило порядка 65 тыс. т. При этом поставки урана на мировой рынок достигли 73–76 тыс. т (с учетом вторичных источников, к которым относятся складские запасы энергокомпаний и некоторых государств, регенерированный уран и пр.). Соответственно на рынке сформировался избыток предложений в объеме до 8–10 тыс. т, что привело к дальнейшему ухудшению рыночной конъюнктуры.

В этот период на долю девяти ключевых стран-производителей с объемом добычи более 1 тыс. т урана в год (рис. 1) пришлось 94 % его производства. Лидером остался Казахстан, который нарастил добычу до 23,8 тыс. т урана. При этом его доля в мировой добыче незначительно снизилась до 39 % (в 2014 г. — 40 %). В Канаде, занимающей второе место, объем производства заметно вырос (до 13,3 тыс. т) за счет развития рудника Cigar Lake. В результате ее доля увеличилась до 22 % (в 2014 г. — 16 %). Австра-



Рис. 1. Добыча урана по странам мира в 2013–2015 гг., тыс. т (Оценка АО «Атомредметзолото» по данным пресс-релизов и отчетов компаний, Агентства энергетической информации США (U.S.EIA))

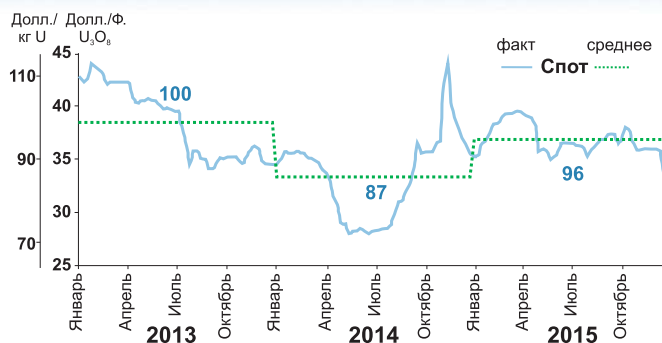


Рис. 2. Динамика спот-котировок на уран (Исходные данные — компания Ux Consulting; расчет средних значений — АО «Атомредметзолото»)

лия сохранила 3-е место с показателем около 5,7 тыс. т урана; ее доля сохранилась на уровне 9 %. Россия по итогам 2015 г. вошла в число пяти стран-лидеров по добыче природного урана, опередив Намибию.

Девять ключевых уранодобывающих компаний (с объемом производства более 1,5 тыс. т) обеспечили 81 % всей мировой добычи. Крупнейшим производителем с 2010 г. остается АО НАК «Казатомпром» (в 2015 г. произведено 13 тыс. т урана, что соответствует 21 % мировой добычи). На втором месте находится канадская Самесо Корп. (добыча — более 10,9 тыс. т), доля которой выросла до 18 %. Французская AREVA, увеличив производство урана до 8,2 тыс. т (рыночная доля — 13 %), вышла на 3-е место. Госкорпорация «Росатом», контролирующая АО «Атомредметзолото» и Uranium One Inc., произвела порядка 7,8 тыс. т природного урана и вышла на 4-е место в мире.

Мировая добыча природного урана в 2014 г. сократилась к уровню 2013 г. на 4 %, составив около 57 тыс. т, а в 2015 г. выросла до 61 тыс. т. Это увеличение было обеспечено в основном за счет предприятий с низкой себестоимостью урана в Казахстане и Канаде (рис. 1).

Вместе с тем, кардинальных изменений в структуре мировой электроэнергетики не произошло, и атомная генерация остается ее важной частью. АЭС рассматриваются как надежный, безопасный и экономически эффективный источник энергии, использование которого существенно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду. Большинство государств мира — и развитых, и развивающихся — продолжили развитие национальной атомной энергетики. Наибольшую активность в этом отношении проявил Китай, где в 2015 г. было введено в эксплуатацию восемь новых блоков АЭС. Основными центрами роста в перспективе останутся Китай, Индия, Республика Корея, государства Ближнего Востока (ОАЭ, Иран, Турция и пр.), Африки и других регионов мира. В Западной Европе прогнозируется постепенное сокращение установленных мощностей АЭС в результате отказа в перспективе от атомной энергетики в Германии, некоторое ограничение ее доли во Франции и широкого использования возобновляемых источников энергии.

В ближайшие годы ситуация на рынке природного урана будет характеризоваться сохранением неопределенности и значительными колебаниями цен (рис. 2). Темпы восстановления рынка будут обусловлены фундаментальными факторами — реальными сроками перезапуска японских АЭС, реализацией планов по строительству новых АЭС в ключевых странах мира (Казахстане, Канаде,

Австралии и др.), объемом и динамикой вовлечения материалов из вторичных источников и проч.

По долгосрочному прогнозу по мере восстановления атомной энергетики в Японии и ввода новых АЭС в Китае, Индии и других странах, а также срабатывания накопленных запасов дешевого урана, спрос на природный уран будет увеличиваться. В сочетании с накопленными издержками на действующих предприятиях это приведет к значительному росту цен на рынке, начало которого ожидается не ранее первой половины 2020-х годов. При улучшении ситуации станут оправданными и разработка небольших по масштабам объектов и, главное, ввод в освоение крупных проектов с высокой себестоимостью продукции, которые заготовлены у всех ключевых производителей.

Согласно консервативному сценарию, мировые реакторные потребности в уране к 2030 г. возрастут до 89 тыс. т урана. Добыча урана будет расти в соответствии с динамикой спроса на него. При этом в ближайшие 5–7 лет спрос может быть практически полностью покрыт за счет добычи на действующих и строящихся предприятиях. Полный потенциал по увеличению производства в период до 2030 г. составляет 97 тыс. т урана, и его дефицита на рынке не прогнозируется, несмотря на возможное сокращение поставок из вторичных источников.

По данным МАГАТЭ [6, 7, 8] **мировые извлекаемые запасы урана** в настоящее время составляют 7,6 млн. т, из которых 8,9 % относится к ценовой категории <40 долл./кг U, 17,4 % — к категории 40–80 долл./кг, 51,3 % — стоимостью 80–130 долл./кг и 22,4 % — по цене 130–260 долл./кг. В современных условиях в основном эксплуатируются запасы стоимостных категорий менее 80 долл./кг. Очевидно, что в перспективе потребуются ввод в освоение и более дорогостоящих запасов.

В период 2016–2030 гг. ведущими компаниями будет добыто около 1,15 млн. т урана и использовано более 15 % разведанных запасов. При этом, даже без учета возможностей доразведки, к 2030 г. мировая сырьевая база будет составлять около 6,3 млн. т урана. В то же время сырьевая база действующих и планируемых к вводу проектов ведущих игроков рынка к 2030 г. сократится примерно на 30 % от текущего уровня в первую очередь за счет отработки высокорентабельных запасов.

В таблице показано распределение мировых запасов урана по типам месторождений согласно классификации МАГАТЭ и доля производства урана по каждому из этих

Мировые запасы и производство урана по типам месторождений (классификация МАГАТЭ)

Тип месторождений (по МАГАТЭ)	Запасы		Производство	
	Тыс. т U	Отн. %	Тыс. т U	Отн. %
Песчанниковый	2389	31,29	33,6	57,4
Гематитовые брекчии	1352	17,71	3,3	5,6
Метасоматические	871	11,41	1,4	2,4
Несогласия	765	10,02	11,7	20,0
Интрузивные	647	8,47	2,3	3,9
Жильные, штокверковые	436	5,71	3,7	6,3
Конгломераты	400	5,24	0,6	1,0
Поверхностные	264	3,46	2,0	3,4
Другие	511	6,69	—	—
Всего:	7635	100	58,6	100

типов. Первое место как по запасам, так и по производству занимают месторождения песчаникового типа, из которых добывается более половины всего производимого урана. При этом в трех странах (Казахстан, Узбекистан, США) уран почти целиком добывается только высокорентабельным способом скважинного подземного выщелачивания. Безусловным лидером в освоении месторождений песчаникового типа является Казахстан, где еще в советское время была создана лучшая в мире минерально-сырьевая база урана и разработан этот передовой и самый дешевый способ добычи. За 15 лет производство урана в Казахстане выросло почти в 20 раз, и он с 9 места по добыче и производству урана вышел на первое и уже в 2010 г. произвел урана больше, чем прежние лидеры — Канада и Австралия, вместе взятые.

Второе место по продуктивности принадлежит месторождениям типа «несогласия», известным в районах Атабаска в Канаде и Аллигейтор-Риверс в Австралии. Высокая рентабельность отработки месторождений этого типа определяется ультрабогатыми (до десятков % U) рудами, из которых добывается 16 % от мирового производства урана.

Комплексные руды типа гематитовых брекчий представлены единственным месторождением Олимпик-Дам в Австралии, где уран, запасы которого превышают 1 млн. т при низких его содержаниях (0,03–0,04 %) извлекается попутно с медью и золотом.

К интрузивному типу отнесено месторождение Россинг в Намибии также с бедными коренными рудами (менее 0,04 %). Рудник Россинг в течение почти 40 лет, несмотря на резкие колебания рыночных цен, давал около 3 тыс. т U в год, чему способствовали хорошая организация горного дела и использование передовых технологий добычи и переработки. В последнее время в районе было выявлено и осваивается китайской компанией новое крупное месторождение аналогичных руд.

К метасоматическому типу МАГАТЭ относит жильно-штокверковые урановые месторождения в щелочных метасоматитах Эльконского района на Алданском щите в России, Криворожского и Кировоградского районов на Украинском щите и района Лагос-Реал на Бразильском щите. При довольно значительных запасах урана в месторождениях этого типа производство урана на их базе невелико.

Запасы урана каждого из остальных типов месторождений не превышают 6 % от общих мировых, а суммарное производство урана из них близко к 10 % от мирового.

Минерально-сырьевая база урана России на 01.01.2015 г. насчитывает 59 месторождений с балансовыми запасами 723,5 тыс. т, из которых 550 тыс. т находится в распределенном фонде недр [5]. По объему она достаточно велика и занимает третье место в мире после Австралии и Казахстана. В то же время основная ее часть представлена объектами с рядовыми и бедными рудами, содержащими, как правило, не более 0,1–0,2 % урана. Прогнозные ресурсы урана учтены на 49 объектах и составляют по кат. P₁ — 150 тыс. т, кат. P₂ — 564 тыс. т, кат. P₃ — 1550 тыс. т.

Известные в России геолого-промышленные типы урановых месторождений имеют свои особенности и во многом отличаются от классификации МАГАТЭ [3]. Наиболее распространенным здесь является жильно-штокверковый гидротермальный тип, представленный четырьмя подтипами, различающимися по своей геолого-структурной позиции и часто по составу руд.

Первый — *жильно-штокверковый подтип* объединяет многочисленные жильные, жильно-штокверковые, иногда субпластовые урановые, золото-урановые, сульфидно-урановые, фосфор-урановые месторождения, располагающиеся обычно в пределах щитов и срединных массивов и локализованные как в образованиях кристаллического фундамента, так и в осадочно-метаморфизованных породах платформенного чехла. Масштабы этих месторождений весьма различны, но в мире к ним принадлежат и очень крупные объекты, такие как месторождения Рудногорского района в Чешско-Богемском срединном массиве, месторождения Грачевского и Косачинового рудных узлов на Кокчетавском срединном массиве и др. В России к этому типу относятся золото-урановые месторождения Эльконского рудного района в Республике Саха (Якутия), который по запасам урана (порядка 380 тыс. т) является одним из крупнейших в мире [2]. Начало освоения этого района предполагалось в 2010–2012 гг., однако достаточно сложные географо-экономические условия района, глубокое залегание основных рудных залежей и рядовое качество руд обусловили отнесение их к самой высокой ценовой категории — более 130 долл./кг, что отодвинуло начало работ как минимум на конец 2020–2030-х годов.

Доля этого типа руд в балансовых запасах урана России превышает 50 % в основном за счет месторождений Эльконского района. Их прогнозные ресурсы учтены на 11 объектах и составляют по категориям: P_1 — 14,5; P_2 — 165,1; P_3 — 150 тыс. т.

Жильно-штокверковые молибден-урановые месторождения в вулкан-тектонических структурах (ВТС) складчатых поясов известны в Казахстане (Курдай, Ботабурум, Кызылсай, Балкашинское), странах Средней Азии (Алатанга, Каттасай и др.), Китае, Бразилии и других странах. В России к этому типу относятся месторождения Стрельцовское, Тулукуевское, Антей, Аргунское и другие в Восточном Забайкалье; Ласточка, Светлое, Скальное на Дальнем Востоке и ряд других объектов. Месторождения располагаются преимущественно в пределах вулканических депрессий с телескопированным проявлением многостадийного и полифазального вулканизма, в крутопадающих жерлах палеовулканов, в экструзивах и субвулканических интрузивах.

Доля месторождений этого типа в балансовых запасах урана России составляет 24,6 %. Месторождения крупные и средние по масштабам с рядовыми, местами богатыми рудами. Главными их представителями и продуцентами урана в России являются месторождения Стрельцовского рудного района, отрабатываемые с середины 1950-х годов. На их базе работает Приаргунский горно-химический комбинат (ПАО «ППГХО») Госкорпорации «Росатом», производящий сейчас порядка 70 % урана в России. Прогнозные ресурсы месторождений в вулканиках учитываются на 7 объектах, составляя по категориям: P_1 — 1,0; P_2 — 66,7; P_3 — 700 тыс. т.

Жильно-штокверковые месторождения в структурно-стратиграфических несогласиях (ССН) Канады и Северной Австралии характеризуются локализацией в зонах региональных несогласий между архейско-протерозойским кристаллическим фундаментом и рифейским протоплатформенным чехлом. В России имеется много районов с геологическими обстановками, близкими к районам Атабаска и Аллигейтор-Риверс, но к настоящему времени выявлено лишь несколько небольших месторождений,

которые можно отнести к этому типу — Карку в Северном Приладожье на Балтийском щите, Столбовое и Ансах в Присаянье и Чепок в Северном Прибайкалье. В балансе запасов урана России они не учтены. В то же время перспективы обнаружения на территории страны крупных объектов подобного типа несомненно существуют. Прогнозные ресурсы месторождений «несогласия» учитываются на 12 объектах, составляя по категориям: P_1 — 28; P_2 — 150,1; P_3 — 475 тыс. т.

Четвертый подтип — жильно-штокверковый бета-уранотитовый в высокорadioактивных гранитах. Урановые месторождения в высокорadioактивных гранитах известны во Франции (Лимузен, Буа-Нуар и др.), в Южном Китае и в других странах. В России к этому типу относятся месторождения Горное, Березовое и другие в Забайкалье, Меченское на Чукотке. Отличительной чертой российских месторождений является минеральный состав руд: если на месторождениях Франции и Китая рудная минерализация представлена преимущественно настураном, то на месторождениях России главным рудным минералом является силикат уранила — бета-уранотит.

Месторождения связаны с гранитоидными массивами областей активизации складчатых поясов. Как правило, они располагаются в лейкократовых и биотитсодержащих гранитах, обычно образующих купольные структуры. Для гранитов характерны повышенные концентрации урана (5–11 г/т) и тория (до 25 г/т). Урановорудные тела локализованы в зонах дробления, брекчирования и трещиноватости. По масштабам месторождения средние и мелкие с рядовыми (0,1–0,26 % U) рудами. Разведанные запасы урана месторождений Березовое и Горное составляют соответственно около 1 и 4 тыс. т. Для первого из них разработан проект освоения с применением комбинированной технологии добычи: карьер и кучное выщелачивание от 0 до 150 м и последующее скважинное выщелачивание для глубоких горизонтов.

Урановый песчаниковый пласто- и линзообразный тип, месторождения которого приурочены к мезозойско-кайнозойским базальным и межформационным эрозийным палеодолинам, широко распространен на территории России и зарубежных стран. К этому типу принадлежат: месторождения плато Колорадо в США; Момино, Хасково и другие в Болгарии; Нинге-Того и Топо в Японии; Семизбайское в Казахстане; Братское, Девладовское и другие на Украине. В России к ним относятся месторождения Зауралья — Далматовское, Хохловское, Добровольное, Бурятия — Хиагдинское, Вершинное, Дыбынское и др., Урала — Санарское, Котликовское и др., Калмыкии — Балковское. Доля этого типа в балансовых запасах урана России — 10,5 %. Запасы урана в месторождениях Зауралья варьируют в диапазоне 8–10 тыс. т, в Бурятии составляют первые тыс. т. Прогнозные ресурсы месторождений песчаникового типа учитываются на 18 объектах, составляя по категориям: P_1 — 77; P_2 — 182; P_3 — 225 тыс. т.

Объекты песчаникового типа средние и мелкие, с бедными и рядовыми рудами. Важнейшей их особенностью является пригодность для освоения высокоэффективным способом скважинного подземного выщелачивания, что определяет отнесение песчаниковых руд к относительно низкой ценовой категории добычи — 40–80 долл./кг. Урану в рудах могут сопутствовать Se, Mo, Re, Sc.

Уран-фосфорно-редкоземельный пластообразный тип объединяет своеобразные месторождения в костном детрите

рыб, известные только в Прикаспии — в Казахстане на п-ове Мангышлак (Меловое, Томакское и др.) и в Ергенинском районе России (Степное, Шаргадыкское, Богородское и др.). Месторождения средние и мелкие, иногда (Меловое) крупные с бедными (0,02–0,07 % U) рудами. Их доля в балансовых запасах урана России составляет 4,2 %.

Месторождения располагаются в зонах перехода шельфов в глубоководные котловины. Вмещающими породами являются олигоценные сероцветные (до черных) глины с экзотическими скоплениями костного детрита рыб. Основными компонентами руд являются редкоземельно-ураноносный со скандием костный фосфат и ренийсодержащие (с Ni, Co, Cu, Mo, Pb и др.) дисульфиды железа. В составе редких земель преобладают Ce, La, Y, Nd. Прогнозные ресурсы этих комплексных месторождений учтены только на одном — Шаргадыкском месторождении, где они составляют по кат. P₁ — 29,5 тыс. т. Технология освоения этих сложных по составу комплексных руд по схеме карьер-кучное выщелачивание в настоящее время разрабатывается на примере Шаргадыкского месторождения путем проведения натурного опыта.

Пласто- и линзообразный тип в терригенно-вулканогенных и молассоидных наложенных впадинах за рубежом представлен месторождениями Харат, Цаганнур в Монголии. В России месторождения этого типа известны в Забайкалье (Оловское, Имское, Степное и др.) и Алтае-Саянском регионе (Приморское, Усть-Уюк, Онкажинское и др.). Месторождения располагаются в эпиплатформенных поясах, оруденение локализовано в наложенных палеозойских и мезозойских впадинах, выполненных вулканогенно-терригенными (Оловское, Озерное и др.) и молассоидными терригенными (Имское, Степное, Приморское и др.) отложениями. По масштабу они средние, иногда крупные, руды бедные и рядовые. Их доля в запасах России составляет 8,9 %. Наиболее значительными по запасам урана являются Имское (23,5 тыс. т) и Оловское (13,5 тыс. т) месторождения.

Помимо этого в России известны **урано-угольные** (Бельское, Брикетно-Желтухинское) и **уран-битумные** (Бадельское, Репьевское) месторождения на Русской платформе. Объекты средние и мелкие с бедными и рядовыми рудами. Возможность освоения объектов этих типов в обозримом будущем не просматривается по технологическим, экономическим и экологическим причинам. В запасах и прогнозных ресурсах России эти объекты не учтены.

Следует также заметить, что в России имеется немало рудных объектов **типа Россинга**, связанных с процессами архейско-протерозойского постгранитизационного кремне-калиевого метасоматоза. В частности, к ним относятся месторождения Унга-Нимгеркан и Никак в Дёс-Леглиерском районе на Алданском щите, где скопления вкрапленного уранинита в ассоциации с ураноторианитом, урансодержащими цирконом, монацитом, оранжевитом образуют в Si-K метасоматитах рудные зоны и залежи. Все известные подобные объекты мелкие, находятся в сложных природных условиях и в качестве геолого-промышленного типа в настоящее время не выделяются.

Кроме учтенных Госбалансом 59 урановых месторождений в России известно большое количество так называемых «малых» (по запасам) месторождений урана, принадлежащих к разным геологическим типам. В предыдущие годы при традиционной технологии добычи и переработки руд из-за своих технико-экономических параметров

эти объекты считались нерентабельными. Однако сейчас существуют и разрабатываются технологии, применение которых позволит пересмотреть перспективы освоения малых месторождений урана. Речь идет, прежде всего, о возможности внедрения технологии открытой добычи руд, кучного и подземного выщелачивания и последующей переработки растворов передвижными мобильными комплексами.

Сырьевой базой предприятия, специализирующегося на разработке малых месторождений, может служить группа сближенных мелких месторождений, суммарные запасы которых при последовательной отработке обеспечат экономически эффективное производство урана на длительный срок. В случае необходимости вовлечение в отработку малых месторождений в сжатые сроки может повысить уровень добычи. Так, в последние годы осуществлена переоценка приповерхностных объектов Еравнинского района в Республике Бурятия, показавшая положительные экономические параметры их разработки на Витлаусском, Талаканском, Щегловском и других месторождениях.

В общей ресурсной базе урана России главная роль принадлежит Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам. На их долю приходится около 95 % всех балансовых запасов урана и преобладающая часть прогнозных ресурсов: 88 % кат. P₃, 89 % кат. P₂ и 71 % кат. P₁.

Производство урана в России осуществляется предприятиями АО «Атомредметзолото» (АРМЗ) Госкорпорации «Росатом». Основная часть месторождений урана на территории Российской Федерации сосредоточена в сложных горно-геологических условиях и требует самого дорогого способа добычи — подземного горного. Содержания полезного компонента в рудах достаточно низкие, что обуславливает высокую себестоимость добычи. К рентабельной в текущих рыночных условиях категории запасов с себестоимостью добычи менее 80 долл./кг U, согласно классификации МАГАТЭ, относится всего 8 % (55,8 тыс. т) запасов урана России. Это в первую очередь запасы, пригодные для отработки наименее затратным способом скважинного подземного выщелачивания.

Для сохранения конкурентоспособности атомной отрасли в России одним из приоритетных направлений развития на сегодня является увеличение доли добычи урана способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Основной особенностью добычи урана методом СПВ, отличающей его от существующих традиционных способов (подземные и открытые горные работы), является растворение и перевод урана в подвижное состояние в недрах на месте залегания без выемки руды, путем искусственно создаваемого напорного градиента и принудительной циркуляции выщелачивающих растворов в водоносном рудовмещающем горизонте в направлении от закачных скважин к откачным. Последующей технологической операцией является извлечение полезного компонента через откачные скважины в составе продуктивных растворов на поверхность и их переработка на технологической установке с получением конечной продукции — концентрата природного урана (полиураната аммония).

В России добычу урана способом скважинного подземного выщелачивания осуществляют два предприятия: АО «Далур» в Курганской области и АО «Хиагда» в Республике Бурятия.

АО «Хиагда» проводит работы по освоению месторождений Хиагдинского рудного поля в Витимском урано-

ворудном районе. Существующей минерально-сырьевой базы, состоящей из семи лицензированных месторождений и месторождения Тетрахского, находящегося в нераспределенном фонде, производственная программа АО «Хиагда» в целом обеспечена до 2030 г., однако к этому моменту основная часть запасов будет отработана. Для долгосрочного развития наиболее перспективного и экономичного метода скважинного подземного выщелачивания имеется значительный ресурсный потенциал, определенный в результате поисковых работ за счет средств федерального бюджета в пределах Витимского урановорудного района. В непосредственной близости от промышленной площадки АО «Хиагда» локализовано более 150 тыс. т прогнозных ресурсов урана, пригодных для отработки методом скважинного подземного выщелачивания. Продолжение поисковых, оценочных и разведочных работ в Витимском урановорудном районе позволит качественно улучшить минерально-сырьевую базу урана России, обеспечив постановку на баланс запасов урана с низкой себестоимостью добычи.

АО «Далур» ведет добычу урана на Далматовском месторождении и работы по подготовке к вовлечению в эксплуатацию Хохловского месторождения в Курганской области. Планируется также получение лицензии на месторождение Добровольное. Минерально-сырьевая база этих месторождений обеспечит предприятие запасами до 2030 г., но к этому моменту она будет практически исчерпана.

Около 70 % урана, производимого на территории Российской Федерации, добывается подземным горным способом ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (далее — ПАО «ППГХО») на месторождениях Стрельцовского урановорудного района. Оно ежегодно производит около 2000 т U и является одним из 10 крупнейших предприятий в мире. В последние годы качество остаточных запасов действующих рудников не позволяет обеспечить их рентабельную добычу. В текущих условиях падения цен и спроса на природный уран предприятие оказалось в сложной финансово-экономической ситуации. В этой связи в 2013–2014 гг. был реализован комплекс мероприятий, позволивший переломить многолетнюю тенденцию роста себестоимости производства. Среднесрочные стратегические перспективы предприятия на 2020–2040-е годы связаны с вводом в эксплуатацию месторождений Аргунское и Жерловое, на долю которых приходится 35 % от общего количества запасов ПАО «ППГХО». Среднее содержание урана на них выше, чем на действующих рудниках, что позволяет гарантировать конкурентоспособную себестоимость производства.

Таким образом, до 2020 г. планируется сохранить суммарное производство урана на трех отечественных предприятиях на уровне 3,0–3,2 тыс. т в год, при этом увеличивая долю урана, добываемого СПВ. При необходимости объем производства урана в России может быть увеличен за счет роста производительности действующих предприятий, вовлечения в эксплуатацию «малых» месторождений, а также новых объектов с высоким качеством руд, подготовленных к этому времени.

Имеющаяся минерально-сырьевая база урана не может обеспечить его рентабельное производство в масштабах, требуемых для обеспечения растущих потребностей атомной отрасли страны. В связи с этим важнейшей задачей является расширение и улучшение качественных параме-

тров МСБ урана России, для чего необходима активизация поисков новых месторождений, прежде всего песчаникового типа, обрабатываемых наиболее дешевым способом скважинного подземного выщелачивания, и основных типов жильно-штокерного оруденения с богатыми и технологичными рудами. Этими работами должен быть обеспечен прирост прогнозных ресурсов высоких категорий, требуемый для воспроизводства активно погашаемых запасов. Такой прирост ресурсов необходим, поскольку по расчетам к 2030 г. лишь на объектах трех основных рудных районов (Стрельцовского, Витимского и Зауральского) будет погашено более 90 тыс. т запасов урана кат. C_1 . Для их воспроизводства потребуется не менее 360 тыс. т прогнозных ресурсов кат. P_1 , тогда как на 2015 г. на учете числится всего около 150 тыс. т ресурсов этой категории.

Воспроизводство обрабатываемых запасов урана путем выявления новых урановорудных районов, узлов и месторождений с высокорентабельными рудами главным образом за пределами территорий деятельности уранодобывающих предприятий Росатома, осуществляется специализированными производственными организациями с участием ведущих научно-исследовательских институтов.

Поиски песчаниковых месторождений палеодолинного типа в настоящее время сосредоточены в Витимском рудном районе в северной краевой части Амалатского плато базальтов. Здесь установлена серия палеодолин, врезанных в протерозой-раннепалеозойский фундамент, сложенный различными типами гранитоидов, в том числе высокорadioактивными лейкогранитами. В 2015 г. были завершены поисковые работы на Баркасунском участке, прогнозные ресурсы которого в авторском варианте оценены по кат. P_1 в 3,2 тыс. т, P_2 — 8,4 тыс. т [1]. Поиски продолжаются на Кулариктинском участке, расположенном к северо-западу от Баркасунского. По проявленности поисковых критериев и признаков оруденения палеодолинного витимского типа выделен также ряд перспективных площадей — Антасейская, примыкающая с севера к Центральному рудному узлу, Аталангинская на юго-запад от него и Дутакитская — к северо-востоку. Имеющиеся прогнозные ресурсы кат. P_1+P_2 этого рудного района, включая прилегающие площади, составляют порядка 140 тыс. т в виде конкретных поисковых участков, что может позволить восполнять сырьевой потенциал урана АО «Хиагда» на длительный период.

Минерально-сырьевой потенциал Зауральского урановорудного района (АО «Далур») ограничен тремя месторождениями песчаникового типа — Далматовским, Хохловским и Добровольным. Прогнозные ресурсы урана кат. P_2 здесь составляют 30 тыс. т. Однако они связаны с оруденением, залегающим на глубинах 800–1000 м, что делает экономически нерентабельными разведку и добычу этих руд.

Определенные перспективы выявления песчаниковых месторождений урана имеются в южной части Дальнего Востока. Во второй половине XX в. Октябрьская экспедиция 1 ГГРУ и ПГО «Таежгеология» проводили здесь работы, ориентированные на обнаружение оруденения, связанного с региональными зонами пластового окисления. Результаты работ оказались отрицательными, однако на обширной территории юга Дальнего Востока был установлен ряд районов и локальных обстановок, перспективных на обнаружение гидрогенных песчаниковых месторождений палеорусового типа. Основное значение

среди них имеют районы Амуро-Зейской и Средне-Амурской впадин.

В Амуро-Зейской впадине на Нижне-Бурейской площади в 2015 г. начаты опережающие геолого-геофизические работы на палеодолинный песчаниковый тип уранового оруденения. Прогнозные ресурсы этой площади по кат. P_3 оценены в 90 тыс. т урана. В Средне-Амурской впадине с системой сопряженных с ней палеодолин с 2017 г. предусмотрены аналогичные работы на Кульдурской площади Хинганского плато базальтов, а позднее — поиски в центральной и южной частях этой структуры. С 2018 г. подобные опережающие работы планируются на Преображенской площади.

Перспективы на этот тип оруденения имеются и на юго-западе Сибирской платформы. Здесь с 2017 г. намечаются опережающие работы на Приобской (Барнаульской) площади, расположенной в Новосибирской области и Алтайском крае. Прогнозные ресурсы кат. P_3 этой площади — 30 тыс. т урана.

В последние годы проведены поисково-оценочные работы на приповерхностных объектах Еравнинского района в Бурятии (месторождения Талаканское, Витлауское, южный участок Щегловского месторождения и др.). В результате этих работ локализованы прогнозные ресурсы урана кат. P_1+P_2 в количестве 49 тыс. т. Разработанные ТЭО показали весьма высокую эффективность отработки таких объектов по схеме «карьер — КВ», низкую себестоимость и быструю окупаемость затрат.

Поиски *жильно-штокверковых* месторождений ведущих геолого-промышленных типов продолжаются в различных регионах Сибири и Дальнего Востока.

Выявление месторождений типа «несогласий» ожидается главным образом в трансрегиональной полосе южного обрамления Восточно-Сибирской плиты от Енисейского кряжа до Восточной окраины Алданского щита. В последние годы поисково-оценочные работы здесь были сконцентрированы в Северном Прибайкалье, где выявлен ряд мелких урановорудных объектов, не представляющих промышленного интереса. В юго-западном обрамлении Восточно-Сибирской плиты в Присянье в 2015 г. были завершены поисковые работы на уран на Шангулежской площади. В результате этих работ в непосредственной близости к урановому месторождению Столбовое, относимого к типу «несогласий», выявлена крупная рудонесущая Лосюковская структура северо-западного простирания, прослеженная на 2,5 км при ширине до 600 м и состоящая из четырех субпараллельных, кулисообразно расположенных урановорудных зон. Прогнозные ресурсы урана Шангулежской площади оценены по кат. P_2 — 25,3 и P_3 — 107 тыс. т урана. В других структурах Присянья учтены еще 30 тыс. т урана кат. P_2 . Поисковые работы на скрытое и слабопроявленное оруденение типа «несогласий» в пределах юго-западного обрамления Восточно-Сибирской плиты продолжаются. В дальнейшем поиски планируется вести на Ийско-Урикской площади Присянья и Вороговской Енисейского кряжа.

Поиски жильно-штокверковых молибден-урановых месторождений в вулканогенно-тектонических структурах проводятся на севере Шаманской депрессии и на территории Тарбальджейской ВТС, где прогнозные ресурсы кат. P_3 в каждой из них оценены в 80 тыс. т урана.

В 2013–2015 гг. велись поисковые работы с выделением локальных участков развития слабопроявленного урано-

вого оруденения на северо-востоке Колымского массива на Алазейском поднятии, где в начале 1970-х годов была выявлена группа урановых проявлений в мезозойских вулканитах. В результате работ выделена перспективная Кадьлчанская ураноносная зона с рядом радиоактивных аномалий и наличием рядовых и богатых руд в штупах на дневной поверхности. Однако одиночными скважинами оруденение на глубине выявлено не было. Прогнозные ресурсы района оценены по кат. P_3 — 75 тыс. т урана.

С 2017 г. планируются поисковые работы м-ба 1:50 000 на скрытое жильно-штокверковое урановое оруденение в Каменушинской ВТС (Хабаровский край), в северной части которой известно учтенное Госбалансом молибден-урановое месторождение Ласточка и несколько более мелких аналогичных месторождений.

Все поисковые и поисково-оценочные работы проводятся в соответствии с государственной программой «Воспроизводства и использования природных ресурсов» (ВИПР), которая постоянно корректируется с учетом экономических и иных обстоятельств.

С 2018 г. планируется значительно увеличить долю региональных геолого-прогнозных исследований м-бов 1:1 000 000–1:200 000 и прогнозного геолого-минералогического картирования м-ба 1:200 000 и крупнее, направленных на выявление новых рудных районов и узлов с богатыми и технологичными рудами. В настоящее время ВИМСом готовятся проекты таких работ на комплекс полезных ископаемых, включая уран, по районам Северного Сихотэ-Алиня, Западной Чукотки и восточной части Байкало-Патомской области.

Проблемы и пути их решения. Прошло четыре года после съезда геологов России, состоявшегося в 2012 г. В связи с этим целесообразно привести основные результаты геологоразведочных работ и организационных мероприятий за этот период, определить сложившиеся проблемы и наметить главные направления дальнейших исследований.

За счет средств Росатома и АРМЗ по действующим предприятиям подготовлены запасы урана общим объемом 28 тыс. т, в целом полностью компенсирующие их погашение. Кроме того, в целях расширения производства урана в осваиваемых районах и компенсации выбывающих мощностей предприятиями АО «АРМЗ» реализован целый ряд важнейших мероприятий. АО «ППГХО» осуществлена комплексная детальная оценка разведочной и поисковой изученности Стрельцовского рудного поля и определены перспективные участки поисково-оценочных работ, призванные расширить и улучшить качество сырьевой базы предприятия. Ведется активная подготовка к освоению резервных Аргунского и Жерлового месторождений с общими запасами урана порядка 41 тыс. т. Расширяется производство кучного выщелачивания урана из отходов радиометрического обогащения руд и реализуется целый ряд других мероприятий, нацеленных на повышение эффективности деятельности предприятия. АО «Хиагда» к 2013 г. завершило разведочные работы на всех лицензированных месторождениях Хиагдинского рудного поля. В 2018 г. планируется получение лицензии на месторождение Тетрахское. После 2020 г. предусматривается проведение поисково-оценочных и разведочных работ в пределах Витимского урановорудного района в первую очередь на уже известных рудопоявлениях Дулесма и Красное. Поисково-оценочные работы затронут также и другие перспективные площади и объекты, выявленные

организациями Роснедр в пределах Витимского ураново-рудного района. В результате их проведения должен быть получен прирост ресурсов и запасов на уровне 55 тыс. т кат. P_1 и 14 тыс. т кат. C_2 соответственно. Все это создает солидную базу для долгосрочной деятельности предприятия на уровне около 1000 т в год. АО «Далур», одновременно с разработкой Далматовского месторождения, разведано Хохловское и готовится к геологическому изучению и освоению Добровольное месторождение. В целом разведанные и подготавливаемые к оценке запасы в осваиваемых районах способны обеспечить суммарное производство урана в РФ на уровне 3–4 тыс. т до 2030 г.

Однако этих запасов и соответствующего им производства урана явно недостаточно в условиях постоянно сокращающихся складских ресурсов, экономически неприемлемого для освоения минерально-сырьевого потенциала Эльконского района и запланированного роста внутренних и экспортных потребностей ядерных материалов. В соответствии с этим за счет госбюджета за 4-х-летний период реализовано 71 поисковое и поисково-оценочное задание, завершённые локализацией прогнозных ресурсов кат. P_1+P_2 порядка 150 тыс. т. В то же время только часть из них по своим качественным показателям соответствуют современным жестким экономическим требованиям. В их числе прогнозные ресурсы объектов Витимского района, пригодные для разработки способом СПВ, и группа мелких месторождений Еравнинского района, приемлемых для освоения по схеме «карьер — КВ» с высокой экономической эффективностью.

Текущие и запланированные ВИПром до 2020 г. поисковые работы направлены главным образом на выявление высокоперспективных объектов, связанных с технологичными рудами в песчаниках и с богатыми жильно-штокверковыми рудами в ВТС и в древних ССН. Первое направление представлено поисковыми площадями в Бурятии (фланги Витимского района) и на Дальнем Востоке (Амуро-Зейская и Кульдурская впадины), второе — отдельными определившимися перспективными площадями в пределах трансрегиональной ураноносной мегазоны южного обрамления Восточно-Сибирской плиты и локальными вулканическими структурами в Забайкалье и в Приморье. Однако выделенных поисковых площадей явно недостаточно; связанные с ними ожидаемые прогнозные ресурсы кат. P_1+P_2 и запасы C_1+C_2 , составляющие 380 и 15 тыс. т соответственно, а с учетом практически 50 %-ной вероятностью получения положительных результатов или еще меньшими величинами, не способны покрыть необходимый к 2020 г. объем воспроизводства запасов урана. В то же время обоснование новых поисковых площадей встречает значительные трудности в связи со скрытым характером ожидаемого оруденения и низкой геолого-геофизической изученностью новых перспективных территорий Восточной Сибири и Дальнего Востока. Особенно эта проблема касается выявления эндогенных жильно-штокверковых объектов с богатыми рудами.

Для создания надежного задела поисковых площадей на уран необходимо решение следующего комплекса задач.

1. Широкое проведение среднemasштабных (1:200 000 и крупнее) прогнозно-минералогических работ (ПМР) с выделением и обоснованием площадей для проведения поисковых и поисково-оценочных работ. С этой целью ФГБУ «ВИМС» проводит анализ геолого-геофизической и поисковой изученности и проявленности ведущих фак-

торов рудоносности на обширных территориях Северо-Байкальского, Чукотского и Приморского регионов. В итоге должен быть выявлен ряд площадей для проведения ПМР и поисков и для каждой из них разработаны прогнозно-поисковые модели.

2. Учитывая скрытый характер ожидаемого оруденения необходима разработка рудогенетических моделей и современных методологий прогноза применительно к конкретным рудоперспективным регионам. Для эффективного и комплексного решения этой важнейшей задачи целесообразна разработка специальных межведомственных программ, в реализации которых должны принять участие отраслевые НИИ, институты РАН и вузы.

3. Для рудоперспективных регионов и районов должны быть разработаны районные кондиции, определяющие граничные геолого-экономические параметры ожидаемого оруденения.

4. Важнейшей задачей на ближайшее время должна явиться разработка методики поисков и рационального комплекса методов применительно к типовым геологическим и ландшафтно-геоморфологическим обстановкам перспективных районов. Исследования следует нацеливать на эффективное выявление как традиционных, так и новых для территории РФ типов месторождений с учетом необходимости обнаружения и оценки скрытых объектов, которые являются одним из основных резервов расширения минерально-сырьевой базы урана России.

5. В целях развития сырьевых баз действующих горно-добывающих предприятий и обеспечения их долгосрочной деятельности необходима геолого-экономическая и технологическая оценка резервных объектов в осваиваемых районах с определением первоочередных из них для лицензирования и последующей разработки.

ЛИТЕРАТУРА

- Алтуни, О.В. Перспективы выявления гидрогенных урановых месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке / О.В. Алтуни, Е.А. Митрофанов, С.Д. Расулова и др. // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 34–44.
- 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.
- 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.
- Машковцев Г.А., Святецкий В.С., Мигута А.К., Полонянкина С.В., Щеточкин В.Н. 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.
- О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 году. Госдоклад. — М., 2015. — С. 71–80.
- Тарханов, А.В. Современные тенденции развития мировой и российской урановой промышленности (2007–2012 гг.) / А.В. Тарханов // Минеральное сырье, серия геол.-эконом. — 2012. — № 33 — 53 с.
- Тарханов, А.В. Современное состояние и развитие мировой и российской ядерной энергетики и обеспеченность ее ураном / А.В. Тарханов, А.В. Егоров // Минеральное сырье, серия геол.-эконом. — 2015. — № 34 — 47 с.
- Uranium 2014. Resources, Production and Demand. A joint by the OECD Nuclear Energy Agency and JAEA, 2014.

© Коллектив авторов, 2016

Машковцев Григорий Анатольевич // machkovtsev@df.ru
Мигута Анатолий Константинович // miguta@mail.ru
Полонянкина Светлана Викторовна // svpolonyankina@armz.ru
Солодов Игорь Николаевич // INSolodov@armz.ru
Щеточкин Валерий Николаевич // shchetochkin@yandex.ru