

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

## **Тезисы**

*Третьего международного симпозиума*

**УРАН:  
ГЕОЛОГИЯ, РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО**



**Москва 2013**

**УДК 553.495 (063)**

**Т 66 Тезисы Третьего международного симпозиума «Уран: геология, ресурсы, производство» – М.: ФГУП «ВИМС», 2013, 181 с.**

- Минерально-сырьевая база урана: состояние и перспективы освоения.
- Научные основы и современные технологии прогноза, поисков и оценки месторождений урана.
- Основные направления развития геологоразведочных работ.
- Инновационные технологии добычи, переработки урановых руд и сопутствующих компонентов.
- Современные методы изучения уранового сырья.

Все материалы данного сборника представлены в авторской редакции.

## СОДЕРЖАНИЕ

		<i>Стр.</i>
<i>Абатурова И.В., Писецкий В.Б., Красных С.А.</i>	<i>ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ЭЛЬКОНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ.....</i>	14
<i>Афанасьев Г.В.</i>	<i>УРАН, ЗОЛОТО И АЛМАЗЫ ЭЛЬКОНА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН).....</i>	16
<i>Афанасьев Г.В.</i>	<i>ПЕРСПЕКТИВЫ ТИПА «ОЛИМПИК-ДАМ» НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....</i>	17
<i>Афанасьев Г.В., Миронов Ю.Б., Пинский Э.М.</i>	<i>УРАНОВЫЕ ПРОВИНЦИИ МИРА.....</i>	19
<i>Афанасьева Е.Н., Миронов Ю.Б.</i>	<i>МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА.....</i>	21
<i>Баженов М.И.</i>	<i>ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В СТРУКТУРАХ МИНУСА- ТУВИНСКОЙ РИФТОГЕННОЙ ЗОНЫ.....</i>	23
<i>Байназаров Б.Р.</i>	<i>ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНЫЙ ХАРАСАН (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН).....</i>	25
<i>Бахур А.Е., Шишков И.А., Овсянникова Т.М.</i>	<i>РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОТОПНО- ПОЧВЕННОГО МЕТОДА (ИПМ) ПРИ ПОИСКОВЫХ РАБОТАХ НА УРАН В КАЗАХСТАНЕ.....</i>	27
<i>Бойцов А.В., Мартыненко В.Г., Новгородцев А.А.</i>	<i>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОЕКТА МКУДЖУ, ТАНЗАНИЯ.....</i>	29
<i>Бушков К.Ю., Тимофеев В.П., Ильченко А.Б., Гурулев Е.А., Гладышев А.В.</i>	<i>ОПЫТ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ХИАГДИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА.....</i>	30
<i>Бушков К.Ю., Тимофеев В.П., Шалагин М.В.</i>	<i>СПЕЦИФИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕЖЕЙ ХИАГДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕЕ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАБОТКУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....</i>	31

<i>Василишина В.В., Чесноков Л.В., Трофимов Н.С.</i>	<i>РАЗМЕЩЕНИЕ И СОСТАВ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИ-ПРОЖИЛКОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА НОРАНСКОЙ ПЛОЩАДИ ТАШИРСКОГО РАЙОНА</i> .....	<i>32</i>
<i>Виноградова И.В., Голомолзин В.Е., Сергеев А.Н., Шаулкин В.В.</i>	<i>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИОННО-СОЛЕВОГО КОМПЛЕКСА (ИСК) ПРИ РЕВИЗИОННО- ПОИСКОВЫХ И ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТАХ НА УРАН</i> .....	<i>34</i>
<i>Голомолзин В.Е., Высокоостровская Е.Б., Краснов А.И., Мац Н.А.</i>	<i>КАРТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗОН И УЗЛОВ ПО ЦИФРОВЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ – ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ)</i> .....	<i>36</i>
<i>Гречухин М.Н., Бат-Очир Б., Игнатов П.А.</i>	<i>ОТКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЛЬЗИТ – ПРИМЕР НОВОЙ РАЗНОВИДНОСТИ ГИДРОГЕННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ВОСТОЧНО-ГОБИЙСКОМ РАЙОНЕ МОНГОЛИИ</i> .....	<i>38</i>
<i>Данилов А.А., Журавлев В.Г., Кузьмин Е.В., Красных С.А., Тарханов А.В.</i>	<i>НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ</i> .....	<i>40</i>
<i>Дементьев А.А., Бабкин А.С., Истомин А.Д., Носков М.Д., Кеслер А.Г., Чеглоков А.А.</i>	<i>ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ</i> .....	<i>43</i>
<i>Дзядок С.А.</i>	<i>РЕЗУЛЬТАТЫ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ</i> .....	<i>45</i>
<i>Долгушин А.П., Серяков В.В.</i>	<i>УРАН ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА: ИСТОРИЯ ПОИСКОВ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРАНОНОСНОСТИ</i> .....	<i>46</i>
<i>Долгушин А.П., Серяков В.В.</i>	<i>ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА В СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ СИБИРИ</i> .....	<i>48</i>

Домаренко В.А., Краморенко С.В., Мартыненко В.Г., Новгородцев А.А., Руденко А.А., Митрофанов Е.А., Деревенец В.Г.	РАДИОАКТИВНОЕ РАВНОВЕСИЕ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЫБРЫН (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....	50
Домаренко В.А., Савичев О.Г.	МЕТОДИКА ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	51
Ерёмин В.Н., Сютин В.П.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЕРГЕНИЙСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА, ПРИГОДНЫХ К ОТРАБОТКЕ КУЧНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ.....	53
Зайцев С.У.	ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ НОРАНСКОЙ ПЛОЩАДИ.....	54
Зайченко А.П., Фомин В.Ю., Домаренко В.А.	СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО AU-U ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОГО (ЭЛЬКОНСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА САХА ЯКУТИЯ).....	54
Ивлев И.А., Печенкин И.Г.	ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ LANGER HEINRICH (НАМИБИЯ).....	56
Исупов В.П., Шацкая С.С., Ляхов Н.З., Владимиров А.Г., Мороз Е.Н., Ариунбилэг С., Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Куйбида Л.В.	УРАНОВЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ.....	57
Каминов Б.Ю.	ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД ЕРГЕНИЙСКОГО ФОСФОРНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-УРАНОВОГО РАЙОНА.....	59
Каретина К.В., Домаренко В.А.	ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО УЗЛА И УСЛОВИЯ ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	60

<i>Коковкин А.А.</i>	<i>НОВЕЙШИЙ ЭТАП В ЭВОЛЮЦИИ СИНЕГОРСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ).....</i>	<i>62</i>
<i>Коковкин А.А.</i>	<i>КОМПЛЕКСНАЯ ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НОВЕЙШЕЙ ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НАМИБИИ: РИФТОГЕНЕЗ, ОРОГЕНЕЗ, ДЕФЛЯЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ, МЕТЕОРИТНАЯ БОМБАРДИРОВКА, ЭПИГЕНЕЗ, РУДОГЕНЕЗ.....</i>	<i>64</i>
<i>Кононенко И.Я.</i>	<i>ПРИМЕНЕНИЕ ЯМР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ГИДРОГЕННОГО ТИПА.....</i>	<i>66</i>
<i>Коноплев А.Д., Авилова О.В., Тарханова Г.А., Кусов В.А., Ткаченко И.М., Стародубцев С.Г.</i>	<i>ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РИФЕЙСКИХ ИЗВЕСТНЯКАХ БЕРЕЗОВСКОГО ПРОГИБА (ЧАРСКИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН).....</i>	<i>68</i>
<i>Коноплев А.Д., Хижняков Ю.А., Коноплев В.А., Павлович Г.Д., Петров А.В., Зубов Е.И., Царук И.И., Самович Д.А., Ищуклова Л.П., Брель А.И., Кондратюкин А.Д.</i>	<i>ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ РУДНЫХ УЗЛОВ – ПОЛЕЙ СО СКРЫТЫМИ ЭНДОГЕННЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ И ОЦЕНКА ЕЕ ПРОЯВЛЕННОСТИ В УРУЛЮНГУЕВСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ.....</i>	<i>70</i>
<i>Коноплев А.Д., Кутуева О.В., Лосев Ю.Н., Кусов В.А., Ткаченко И.М., Стародубцев С.Г.</i>	<i>НОВЫЙ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТИП ЭКЗОГЕННОГО ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮЖНО-ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....</i>	<i>74</i>
<i>Красных С.А., Никитин А.В., Андреева М.П., Иванов В.Е.</i>	<i>ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ЗАЛОЖЕНИЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ.....</i>	<i>76</i>
<i>Кузьмин А.В., Бакаржисев А.Х.</i>	<i>РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОРИЯ В УКРАИНЕ.....</i>	<i>78</i>

<i>Купченко В.П., Рустамов А.И., Ахмедов М., Оловов Х.Х.</i>	<i>ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНО- ТЕМАТИЧЕСКИХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАН В УЗБЕКИСТАНЕ</i> .....	79
<i>Курков А.В., Смирнов К.М., Пеганов В.А.</i>	<i>ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗОЛОТОУРАНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО РАЙОНА</i> .....	81
<i>Ладейщиков А.В., Лаптев Ю.И., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.</i>	<i>ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ УРАНА НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ СПОСОБОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ</i> .....	83
<i>Лаптев Ю.И., Ладейщиков А.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.</i>	<i>ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ДАЛМАТОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА</i> .....	85
<i>Леденева Н.В., Коноплев А.Д., Рудаков Р.Е., Кусов В.А., Ткаченко И.М., Стародубцев С.Г.</i>	<i>ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СЮЛЬБАНСКОМ РАЙОНЕ</i> .....	87
<i>Мартыненко В.Г., Новгородцев А.А., Митрофанов Е.А.</i>	<i>ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЗАО «РУСБУРМАШ» КАК РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ГК РОСАТОМ В ОБЛАСТИ МСБ УРАНА. ИННОВАЦИИ И ТРАДИЦИИ</i> .....	89
<i>Мац Н.А.</i>	<i>СОВРЕМЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАН</i> .....	91
<i>Машковцев Г.А.</i>	<i>СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА РОССИИ</i> .....	93
<i>Минеева И.Г.</i>	<i>РОЛЬ ДРЕВНИХ РИФТОГЕННЫХ РАЗРУШЕННЫХ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ФОРМАЦИЙ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ СЛЕПОГО РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-УРАНОВОГО И ЗОЛОТО- УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ</i> .....	96

<i>Миносьянц А.Р., Полканов Ю.Г., Титов И.А.</i>	<i>РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КАРОТАЖНОГО КОМПЛЕКСА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ УРАНА В СКВАЖИНАХ МЕТОДОМ МГНОВЕННЫХ НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ</i> .....	<i>98</i>
<i>Миронов Ю.Б.</i>	<i>МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА АЛЬПИЙСКО- ГИМАЛАЙСКОГО ПОЯСА</i> .....	<i>100</i>
<i>Миронов Ю.Б., Бузовкин С.В.</i>	<i>УРАН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ</i> .....	<i>101</i>
<i>Миронов Ю.Б., Макарьев Л.Б.</i>	<i>ЗОЛОТО-УРАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ СТРУКТУРАХ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ</i> .....	<i>103</i>
<i>Миронов Ю.Б., Карпунин А.М.</i>	<i>МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА РОССИИ</i> .....	<i>105</i>
<i>Митрофанов Е.А., Доничев А.В., Баталов В.А.</i>	<i>РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО АПРОБАЦИИ ГОРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОТРАБОТАННОМ ПИЛОТНОМ БЛОКЕ 4Г-713 СРЕЛЬЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ</i> .....	<i>107</i>
<i>Молчанов А.В., Ходжаев Д.К.</i>	<i>УРАНОВЫЙ РУДОГЕНЕЗ АНАБАРСКОГО ЩИТА И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</i> .....	<i>108</i>
<i>Наумов С.С., Полонянкина С.В., Ивлев И.А.</i>	<i>ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА УРАН: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ</i> .....	<i>110</i>
<i>Никитина Е.С.</i>	<i>УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЕГО ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ НАМАРУ (ВИТИМСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН)</i> .....	<i>111</i>
<i>Новгородцев А.А., Кокушев В.И., Доничев А.В.</i>	<i>СПЕЦИФИКА ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ОТРАБАТЫВАЕМЫХ МЕТОДОМ СПВ</i> .....	<i>113</i>
<i>Новгородцев А.А., Мартыненко В.Г., Гладышев А.В.</i>	<i>ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ</i> .....	<i>114</i>
<i>Овсова В.К.</i>	<i>ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ БЕЗРУДНОГО ПРОСЛОЯ, ВКЛЮЧАЕМОГО В ОБЪЕДНЕННЫЙ РУДНЫЙ ИНТЕРВАЛ, НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ)</i> .....	<i>116</i>



<i>Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Островский Д.Ю., Исупов В.П.</i>	<i>СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ УРАНА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ .....</i>	<i>117</i>
<i>Пеганов В.А., Акимова И.Д., Мешков Е.Ю., Молчанова Т.В., Жарова Е.В., Щипанова Р.С.</i>	<i>ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ ПРИРОДНОГО УРАНА ПО ТРЕБОВАНИЯМ ASTM S 967 В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАКЦИОННОГО И СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА .....</i>	<i>119</i>
<i>Пельменёв М.Д.</i>	<i>ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МАСШТАБНЫХ УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВУЛКАНО- ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ .....</i>	<i>120</i>
<i>Петрин А.В., Гребенкин Н.А., Ермаков А.Г.</i>	<i>КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА ВНУТРЕННЕЙ ЧАСТИ СТРЕЛЬЦОВСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАЛЬДЕРЫ, ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РЯДА МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ .....</i>	<i>121</i>
<i>Петров Ю.В., Серова О.Н.</i>	<i>МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАРКУ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТИПА НЕСОГЛАСИЯ В ПРЕДЕЛАХ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА .....</i>	<i>123</i>
<i>Печенкин И.Г.</i>	<i>ВИМС У ИСТОКОВ СОЗДАНИЯ АТОМНОГО ПРОЕКТА .....</i>	<i>125</i>
<i>Печенкин И.Г., Грушевой Г.В.</i>	<i>ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА ЕВРАЗИИ .....</i>	<i>126</i>
<i>Пешков П.А., Романова М.К.</i>	<i>ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ВИТИМО- КАРЕНГСКОМ РАЙОНЕ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ) .....</i>	<i>128</i>
<i>Пешков П.А., Суматов Ю.М., Шумилин М.В., Миронов Ю.Б.</i>	<i>«МОЛОДОЙ» УРАН РОССИИ .....</i>	<i>129</i>
<i>Пинский Э.М.</i>	<i>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГО- ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА В МЕТОДИКЕ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА УРАНОВЫХ РУД НА ПРИМЕРЕ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО УЗЛА .....</i>	<i>131</i>

<i>Польский Г.М., Мухина О.В.</i>	<i>ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ УРАНОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ.....</i>	<i>132</i>
<i>Поляченко А.Л., Поляченко Л.Б.</i>	<i>О ПОВЫШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАРОТАЖА НА УРАН ПО МГНОВЕННЫМ НЕЙТРОНАМ ДЕЛЕНИЯ С ДВУХЗОНДОВОЙ АППАРАТУРОЙ КНД-М.....</i>	<i>134</i>
<i>Пуговкин А.А., Миронов Ю.Б.</i>	<i>ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ВЕДУЩИХ ГЕОЛОГО- ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ.....</i>	<i>136</i>
<i>Руденко А.А., Новгородцев А.А., Красновский В.И.</i>	<i>ФОРМИРОВАНИЕ РУДНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ СКВАЖИНЫ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ С УЧЕТОМ МОЩНОСТИ ПУСТЫХ ПРОСЛОЕВ НА ОСНОВЕ ЛИТОЛОГО- ФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД.....</i>	<i>138</i>
<i>Руденко А.А., Гладышев А.В., Новгородцев А.А.</i>	<i>СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА СКВАЖИНЫ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ.....</i>	<i>139</i>
<i>Савинов В.П., Макшанинов В.В., Крюкова Е.А., Носков М.Д., Гуцул М.В., Кеслер А.Г., Носкова С.Н.</i>	<i>ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ХИАГДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА.....</i>	<i>140</i>
<i>Самгин-Должанский И.С., Мельников С.И., Курбатов А.В., Чистякова Н.И., Ружицкий В.В.</i>	<i>НОВЫЙ ТИП УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТОРГОВСКОЙ ПЛОЩАДИ.....</i>	<i>142</i>
<i>Самович Д.А., Коноплев А.Д.</i>	<i>ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ОАО «ХИАГДА» В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ УЧАСТКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ФОНДА.....</i>	<i>144</i>
<i>Сафонова А.Р., Чесноков Л.В., Рудаков Р.Е.</i>	<i>УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ВЕЩЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРАНОВЫХ РУД НА ПОВЕРХНОСТИ БАРУН-УЛАЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (АКУИНСКАЯ ВТС).....</i>	<i>146</i>

Сащенко А. В., Дзядок С.А.	ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАРГУЗИНСКОЙ ВПАДИНЫ.....	148
Сорокин А.Г., Пухальский В.Н., Синчук В.В.	ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВОСТОЧНЫЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ» – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	150
Тарханов А.В., Постников И.С., Казанцев В.В., Салтыков А.С., Авдонин Г.И., Данилов А.А.	ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗОЛОТО- УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА.....	152
Тарханов А.В.	СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	153
Тедеев М.Н., Тедеев Н.М., Мешиков Е.Г.	МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИХ РАСТВОРОВ КОЛЛОИДНО-УСТОЙЧИВЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ БЛОЧНОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....	154
Терехов А.В., Молчанов А.В., Шатов В.В.	ЭЛЬКОНСКИЙ ЗОЛОТО-УРАНОВОРУДНЫЙ УЗЕЛ. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	155
Тимофеев В.П., Ильченко А.Б., Бушков К.Ю., Гурулев Е.А., Гладышев А.В.	МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ) СКВАЖИННЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ (ГИС) НА ГИДРОГЕННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА.....	157
Тимофеев В.П., Бушков К.Ю., Шалагин М.В.	СПЕЦИФИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГИДРОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА И ЕЕ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАБОТКУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ).....	158
Толкачев В.А., Майников Д.В.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ С ПУЛЬСАЦИОННЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ УРАНА.....	159
Трофимов Н.С., Чесноков Л.В.	МИНЕРАЛЬНЫЙ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ УРАНОВЫХ РУД НА РУДОПРОЯВЛЕНИИ «ГРЕБНЕВОЕ» И МЕСТОРОЖДЕНИИ «СЛАНЦЕВОЕ» В ПОРОДАХ НИЖНЕГО СТРУКТУРНОГО ЭТАЖА (ЮЖНАЯ БУРЯТИЯ).....	160

<i>Турамуратов И.Б., Рустамов А.И., Байбеков Э.Ф.</i>	<i>УСТУК-ФАЗИЛЬМАНСКАЯ ГРУППА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ КАК ПРИМЕР УРАНОВОРУДНОГО ОБЪЕКТА СКАРНОВОГО ТИПА В ЮЖНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ.....</i>	<i>162</i>
<i>Тюленева В.М., Каминов Б.Ю., Дубинчук В.Т., Ружицкий В.В., Быстров И.Г., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г.</i>	<i>МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЕРГЕНИНСКОГО РАЙОНА КАЛМЫКИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РУД.....</i>	<i>163</i>
<i>Федянин С.Н.</i>	<i>РОЛЬ ПРОСЛОЕВ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ГИДРОГЕННОГО ТИПА.....</i>	<i>165</i>
<i>Хайкович И.М., Миносьянц А.Р.</i>	<i>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТОДОВ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА.....</i>	<i>167</i>
<i>Харитонов В.В., Курельчук У.Н.</i>	<i>ДИНАМИКА ДОБЫЧИ УРАНА.....</i>	<i>169</i>
<i>Хромов А.В.</i>	<i>ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНЫХ ПОЛЕЙ КАК ФАКТОР ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В УРУЛЮНГУЕВСКОМ И ВИТИМСКОМ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРАНОВОРУДНЫХ РАЙОНАХ.....</i>	<i>169</i>
<i>Цуканов А.В., Силкин А.А.</i>	<i>КОНЦЕПЦИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ AUTOCAD В УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....</i>	<i>171</i>
<i>Чеканов В.Н.</i>	<i>ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫЯВЛЕНИЯ «СКРЫТЫХ» УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ АКУИНСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ.....</i>	<i>172</i>
<i>Шатков Г.А., Бутаков П.М.</i>	<i>ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО ТИПА.....</i>	<i>172</i>
<i>Шумилин М.В.</i>	<i>УРАН: ИТОГИ И ОТКРЫТИЯ НОВОГО ВЕКА.....</i>	<i>174</i>
<i>Шумилин М.В.</i>	<i>УНАСЛЕДОВАННОСТЬ РАЗВИТИЯ РУДНЫХ СИСТЕМ – КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР ГЛОБАЛЬНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ УРАНА.....</i>	<i>175</i>

<i>Щукин С.И., Петров В.А.</i>	<i>РУДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ФЛЮИДОПРОВОДЯЩИЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕЛЬЦОВСКОЙ КАЛЬДЕРЫ.....</i>	<i>177</i>
<i>Яшин В.В., Крохин М.Н.</i>	<i>РАСШИРЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА.....</i>	<i>179</i>
<i>Янкович А.С.</i>	<i>ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ТОРИЯ И УРАНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ХАКАСИИ.....</i>	<i>180</i>
<i>Абрамович И.И., Высокоостровская Е.Б., Лаубенбах Е.А.</i>	<i>КРУПНЫЕ РУДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ТРЭП- КАЛЬДЕРАХ И ИХ ОТОБРАЖЕНИЕ В ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ.....</i>	<i>182</i>

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ЭЛЬКОНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ

**И.В. Абатурова<sup>1</sup>, В.Б. Писецкий<sup>1</sup>, С.А. Красных<sup>2</sup>**

*1 – ФГБОУ ВПО «УГГУ», г. Екатеринбург, Россия*

*2 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

Одной из наиболее сложных проблем подземной разработки месторождений полезных ископаемых в реальных горно-геологических условиях и на больших глубинах является прогноз и предотвращение опасных проявлений горного давления, нередко приводящих к катастрофическим последствиям.

Существующая неоднородность естественных полей напряжений, предопределяемая сложностью и особенностями тектонической структуры месторождений, еще более усиливается при техногенном воздействии на породный массив. Перераспределение исходных напряжений и их критическая концентрация на отдельных участках является главной причиной опасных динамических проявлений горного давления. В этой связи выявление и учет закономерностей формирования дополнительного (техногенного) поля напряжений имеют важное значение для обеспечения безопасного освоения удароопасных месторождений.

Определяющими факторами, которые необходимо учитывать при отработке Эльконской группы месторождений, являются:

- местоположение месторождений в зоне активного современного тектогенеза, высокий уровень сейсмичности (при расчетной балльности сейсмического воздействия более 7 баллов);
- развитие многолетнемерзлых пород (глубина распространения отрицательных температур превышает 600 м от поверхности).

В настоящем докладе обсуждаются результаты численного моделирования компонент напряженно-деформированного состояния (НДС) в плоской линейно – упругой модели, реализованной в программном комплексе PLAXIS 9.3, разработанного специально для анализа деформации и устойчивости геотехнических сооружений. Принцип генерации модели для стволовых скважин соответствует варианту геометрии, структуры и свойств инженерно-геологических элементов с расчетными упругими модулями. В центре модели задается ствол шахты диаметром 6 метров.

Весь процесс моделирования осуществлялся в три этапа:

- расчет компонент НДС без ствола с учетом гравитационной нагрузки;
- расчет компонент НДС со стволом и с водонасыщением;
- расчет компонент НДС со стволом и с водоотливом (полная депрессия).

В результате решения задачи геомеханики по принятой схеме расчетная модель НДС проектируемого шахтного ствола представляется для анализа степени удароопасности в следующих параметрических формах:

- растровые изображения компонент эффективных напряжений по всей плоскости модели;
- таблицы компонент эффективных напряжений по стенке шахтного ствола;
- прогнозные параметры модели удароопасности, рассчитанные по таблицам компонент эффективных напряжений (интенсивность напряжений, отношение горизонтальной к вертикальной компоненте, градиент горизонтальной компоненты по стенке шахтного ствола).

Названный параметрический набор положен в основу формулировки выводов по оценке степени мгновенной удароопасности в процессе проходки шахтного ствола (временной фактор не учитывается). Отрицательный градиент горизонтальной компоненты эффективных напряжений связан с повышением уровня риска удароопасности. Если отношение горизонтальной компоненты к вертикальной достигает критического значения (1.0) и сколь угодно превышает его, то такой интервал массива следует считать удароопасным. По результатам моделирования 6-ти стволовых скважин сформулированы и представлены выводы по интервалам с прогнозными рисками удароопасности.

В докладе обсуждается технологический вариант опережающего контроля уровня удароопасности в процессе проходки шахтных стволов на основе сейсмической системы локации массива МИКОН-ГЕО, испытанной на настоящий момент в угольных шахтах (КУЗБАС, Донецкий бассейн, Северо-Уральский бокситовый рудник, транспортные тоннели в г. Сочи). Показано, что сочетание аналитических методов прогноза удароопасности с динамическими модулями массива, найденными по сейсмическим параметрам с опережением от забоя ствола на несколько десятков метров, позволяет существенно снизить риски проявления опасных геодинамических явлений.

## УРАН, ЗОЛОТО И АЛМАЗЫ ЭЛЬКОНА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)

**Г.В. Афанасьев**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Исходя из представлений о существовании глобальной генерации потенциально рудоносных гранито-гнейсовых куполов предрифейского заложения, с эпохами разновозрастной активизации которых связаны разнообразные урановые и комплексные месторождения и районы (провинции), правомерным является проведение геодинамических и металлогенических сопоставлений и прогнозов. В свете этого предполагается пространственное сонахождение в единых структурах омоложенного в мезозое Центрально-Алданского купола золото-урановых руд в гумбеитах и скоплениях технических алмазов кумдыкольского типа в докембрийских зонах углеродистого метасоматоза. Согласно палеорекострукциям для Северного Казахстана, скопления микроалмазов метаморфического происхождения локализуются в наиболее глубоких придонных частях структур компенсационного проседания, непосредственно на уровне поверхности раздела между основанием и кровлей купола. В Центральном Алдане в рамках единых крупных крутопадающих долгоживущих «эльконских» бластомилонитовых швов оруденение различных типов размещается на разных уровнях вертикальной колонны метасоматической зональности, которая реконструируется в следующей последовательности: 1) наиболее верхняя зона окремнения среди полого залегающих терригенно-карбонатных отложений платформенного чехла (венд-кембрий) специализирована на стратиформное комплексное оруденение (Pb, Zn, Ag, Au±U) «лебединского» типа; 2) зона в интервале 0-300 м ниже поверхности предвендского несогласия (пенепленизации) представлена безрудной или слабо рудоносной «кварцевой шапкой» со сплошным окварцеванием пород федоровской серии  $PR_1^2$  кровли купола; 3) зона в интервале от 300 до 2500 м ниже поверхности предвендского несогласия, где на древние Th-TR ураноносные калишпатовые метасоматиты (порфиновые руды хардагасского типа) среди пород федоровской серии наложено мезозойское золото-урановое (±Mo, Ag) оруденение в гумбеитах (эльконский тип); 4) зона выклинивания рудоносных гумбеитов (глубже 2500 м) вблизи поверхности несогласия между породами кровли купола (федоровская серия) и его метаморфическим основанием (иенгрская серия). В этой наиболее глубокой части метасоматической колонны возможно существование скопления микроалмазов кумдыкольского типа. При этом не исключается их совмещение с Th-TR-Урудами порфирового типа при телескопировании докембрийских ореолов проявления углеродистого и щелочного метасоматоза.



Эта ситуация доступна для непосредственного наблюдения в южных частях Эльконского и Хатыминского протограбен – ныне горстов, где мощность эродированной федоровской серии минимальна и из-под неё обнажаются породы подстилающей иенгской серии основания купола. Проверка достоверности этих предположений может осуществляться путем минералого-петрографического изучения образцов пород и руд как из обнажений на указанном уровне разреза, так и порфировых руд месторождения Хардагас (Осенний лист). При этом желательны консультации с геологами, изучавшими кумдыкольские руды. Выявление алмазов, несомненно, увеличит промышленную ценность рудного района и ускорит его перевод из разряда резервных в категорию промышленных территорий.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ТИПА «ОЛИМПИК-ДАМ» НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**Г.В. Афанасьев**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Принцип абстрактных аналогий в региональном прогнозировании на уран и представления об «этажности» крупных урановых провинций позволяют выдвигать Витим-Амалатский и Приаргунский рудные районы Восточного Забайкалья в качестве территорий, перспективных для поисков слепых и слабо проявленных крупных комплексных *месторождений в объёмных гематитовых брекчияхгранитов фундамента* в структурах не рифейской, а мезозойской активизации.

Анализ информации *с применением палеореконокструкций* по Южно-Австралийской урановой провинции даёт возможность нетрадиционного моделирования геодинамических условий формирования объектов типа «Олимпик-Дам». Эта *модель* включает цепь дорудных-рудных-пострудных процессов, в числе которых основными являются: 1) *формирование* надплюмового полихронного гранито-гнейсового, купола предрифейского заложения за счет ультраметаморфической переработки среднедокембрийских тафрогенных «пёстрых» комплексов пород с многометалльной геохимической специализацией и стратиформными метаморфогенными комплексными месторождениями типа Брокен-Хилл и Маунт-Айза; 2) *размещение* территории в сфере влияния долгоживущего трансрегионального линеамента-сдвига (Томсон, Маккензи), ответственного как за объёмное брекчирование пород и руд купола, так и проявление базальтового и бимодального вулканизма с образованием эксплозивных кратеров, трубок (диатрем) и вулканических кальдер проседания; 3) *обрушение* рудоносной кальдеры, выполненной

вулканогенными бимодальными формациями Гринфельд и Эхо-Бей, с частичным или полным включением их породных и рудных компонентов в состав верхней части брекчиевого комплекса; 4) **образование** под вулканическим экраном и осадочным чехлом секущих зон с богатым настурановым оруденением за счет регенерации комплексных руд с убогими содержаниями урана; 5) **формирование** верхнего рудного «этажа» с гидрогенным урановым оруденением песчаникового типа (Биверли, Хорнби) в наложенных осадочных бассейнах и палеодолинах.

Перечисленные факторы формирования и критерии прогноза объекта типа «Олимпик-Дам» в разных сочетаниях проявлены на указанных выше ураноносных территориях Забайкалья. Эти территории, согласно палеорекострукциям, приурочены к активизированным омоложенным древним купольным структурам (Байсыханской и Приаргунской). В их пределах хорошо известны фрагменты ураноносных кальдер («вулканы» Вершинный и др.) на Хиагдинском рудном поле и Тулукуевская кальдера, не испытавшая пострудных трансформаций. В обоих случаях гранитизированное и специализированное на уран древнее основание представляет собой объёмную мегабрекчию, подвергавшуюся минимум двукратному **воздействию базальтового вулканизма**. Верхний рудоносный этаж представлен Хиагдинской **негеновой** системой палеодолин, прекрытой базальтами Амалатского плато, и меловыми Урулюнгуевскими впадинами Приаргунья.

По сумме прямых и косвенных данных оба рудных района заслуживают изучения на глубину как геофизическими методами, так и бурением. В Приаргунье необходимы поиски рудоносных диатрем в гранитной брекчии под кальдерой, а в Витим-Амалатском районе на основе результатов геофизических работ следует пробурить ряд глубоких **опорных скважин**. Первоочередными для изучения являются восточные, наиболее рудоносные фланги Хиагдинского рудного поля. Промышленная ценность новых открытий будет определяться глубиной залегания руд, их составом и содержаниями полезных компонентов, технологией отработки и переработки оруденения и в целом – конъюнктурой на рынке энергетического, в том числе атомного сырья.

## УРАНОВЫЕ ПРОВИНЦИИ МИРА

Г.В. Афанасьев, Ю.Б. Миронов, Э.М. Пинский  
ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия

В основу комплексного анализа положена концепция о связи урановых провинций и районов с крупными аркогенными и тафрогенными структурами земной коры: древними гранито-гнейсовыми куполами и различного возраста осадочными бассейнами. При этом **урановые провинции**, имеющие площадь в десятки и сотни тысяч кв. км, считаются **политипными и ярусными** (этажными), объединяющими рудные объекты (месторождения, узлы, районы) разного типа, возраста и промышленной ценности при ведущем значении оруденения одного из них. **Предлагаемый подход** соответствует эволюционному ряду и типизации ураноносных структур земной коры.

Наиболее древними считаются раннедокембрийские купольные структуры первой генерации – **нуклеары**, к краевым протоорогенным впадинам которых приурочены месторождения золото-урановых конгломератов. Прогнозные перспективы этого типа ограничены. К наложенным структурам активизации нуклеаров принадлежат рудные провинции и районы преимущественно с мелкими месторождениями черносланцевого, гранитного, вулканического, песчаникового типов.

Весьма разнообразны рудные территории, приуроченные к протоструктурам гранито-гнейсовых куполов второй генерации – **куполов предрифейского заложения** структурам их разновозрастной активизации. К элементам трёхлучевой системы блоков повышенного ультраметаморфизма – протограбенам – приурочены урановые и комплексные месторождения в **щелочных метасоматитах** (порфиновый, кировоградский, прионежский типы). Особо важное значение имеют рудные провинции, месторождения которых приурочены к зонам ССН в основании эпикратонных осадочных бассейнов. Кроме известных рудных провинций Атабаска и Пайн-Крик на основе палинспастических реконструкций праматерика Гондваны выделяется ранее единая **Индо-Австралийская рудная провинция**. В её состав включены не только рудные районы Аллигейтор-Риверс (Австралия) и Куддапах (Индия) с месторождениями типа несогласия, но и рудный район Си-Упояса Сингбхум с регенерированными рудными залежами. Суммарные ресурсы урана Индо-Австралийской провинции превышают 500 тыс.т.

Рудные провинции и районы **в активизированных структурах куполов** предрифейского заложения являются полихронными (Олимпик-Дам, Катанга, Сев. Казахстан, Ср. Азия, Ц. Монголия, Приаргунье, Ц. Алдан) со своими особенностями размещения и перспективами. Наибольший интерес представляют месторождения «типа Олимпик-Дам» в Южно-Австралийской провинции Фром. Основным условием

формирования объектов этого типа считается двукратное проявление базальтового вулканизма с образованием коллапс-кратеров (диатрем) и трапповых покровов, между которыми за счет ресурсов металлов специализированных пестрых серий среднего докембрия и замещающих их коллизионных гранитов формировались в начале комплексные руды с низкими содержаниями урана, а затем – более богатое урановое оруденение. С позиций реальных аналогий предполагается возможность формирования оруденения в связи с флюидно-эксплозивными сооружениями в других регионах Мира.

Для хорошо изученных рудных провинций с экзогенными эпигенетическими месторождениями песчаникового типа в слаболитифицированных отложениях осадочных бассейнов (ОБ) древних и молодых платформ уточнены некоторые важные условия рудолокализации. К ним относятся: а) концентрически-зональное размещение региональных редокс-фронтов в изометричных артезианских бассейнах, перекрывающих структуры предрифейских куполов (ОБ Плато Колорадо, Сузакский ОБ Притяньшанья, Бешбулакский–Учкудукский ОБ Кызылкумов); б) роль краевых разломов ОБ в формировании рудогенных гидродинамических систем; в) размещение рудных районов (провинций) с проявлениями восстановительного эпигенеза в обрамлении крупных **нефтегазоносных областей** (Южный Техас, Учкудук–Сугралы, возможно Западная Сибирь). Для предшествующей распаду Гондваны PZ<sub>3</sub>-MZ<sub>1</sub> эпохи развития территории Центральной Африки выделяется Восточно-Африканская (рифтовая) система грабенов и бассейнов с гидрогенными урановыми месторождениями песчаникового и урано-угольного типов в отложениях формации Карру. В целом определены некоторые **планетарные факторы** геологии и металлогении урана: а) роль углеродистого флюидно-восстановительного эпигенеза в урановом рудообразовании, б) значение базальтоидного магматизма как генератора и индикатора мантийно-корových рудоформирующих систем, в) роль трансконтинентальных разломов – линеаментов в размещении урановорудных поясов и провинций, г) фактор геологического времени в урановом рудообразовании и металлогенические эпохи.

Уточненные и вновь выявленные закономерности размещения и формирования урановорудных провинций и районов рассматриваются как важные элементы основ регионального прогнозирования.

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

**Е.Н. Афанасьева, Ю.Б. Миронов**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Территория Балтийского щита охватывает Кольско-Беломорский, Лапландско-Карельский, Свекофеннский, Голсландский мегаблоки, разделенные шовными зонами и перекрытые палеозойским чехлом. Формирование структур щита происходило в течение длительного периода, что обусловило неоднородность распределения урана во времени и пространстве. Отмечается повышение средних содержаний урана в горных породах от древних к молодым. Это нашло отражение в более значительных масштабах рудообразования и большем разнообразии рудно-формационных типов уранового оруденения в связи с более молодыми эпохами.

Независимо от возраста рудовмещающей среды практически все известные месторождения Балтийского щита образовались в несколько урановорудных эпох. В свекофеннскую эпоху (1,9-1,7 млн.лет) в пределах Онежского прогиба происходило заложение специфических структур, получивших название зон складчато-разрывных дислокаций. Эти структуры выступают в качестве рудовмещающих для промышленных уран-благороднометалльно-ванадиевых месторождений (Средняя Падма, Космозеро и др.). В это же время происходит ремобилизация, обогащение ураном и образование новых урановорудных концентраций, связанных с кварц-полевошпатовыми метасоматитами и пегматитами архейского комплекса основания (месторождение Хуккалы, рудопроявления Нюк, Межозерное российской части щита, а также рудопроявления Хирсимяки, Мурсула, Палмотти, Онкимаа, Лакеакалио, составляющих металлогеническую область Палмотти Финляндии). В течении свекофеннской эпохи возникают урановые месторождения, входящие в состав урановорудной провинции Арьеплог-Арвидсъявр (Швеция). Они локализованы среди вулканитов преимущественно кислого состава в зоне влияния активизационных гранитоидов, характеризующихся повышенной радиоактивностью. На территории России к этой группе относятся урановорудные объекты, расположенные в северо-западной части Кольского блока (Лицевское, Береговое и др.). К группе месторождений, сформированных в эпоху свекофеннской орогении, относятся также месторождения группы Ромпас. Ромпас – общее название золото-уранового узла, включающего собственно Ромпас, Румавуома, Мустамаа, локализованных на юге Лапландии (Финляндия). Урановая и золотая минерализация связана с диопсид-карбонат-тремолитовыми метасоматитами и жилами, развитыми среди вулканогенных пород, а также кварцитов и доломитов. В свекофеннскую эпоху происходит также формирование урановорудных объектов, ассоциированных с жилами сульфидно-кварц-

карбонатного, альбит-карбонатного состава, альбититами (рудопроявления Лагерное, Теплокса, Светлое и др.).

С рифейской эпохой (1,65 млрд. лет-0,65 млн. лет) связана крупная перестройка земной коры, заложение авлакогенов (Пашско-Ладожский, Мухос), образование массивов гранитов рапакиви. Позднерифейский этап проявился образованием уранового месторождения Карку и рудопоявлений, локализованных в зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия.

С венд-палеозойского времени (0,65-0,25 млн.лет) территория Балтийского щита развивается в платформенных условиях. Рудоносность определяется формированием урановых месторождений, расположенных на склоне щита и локализованных вблизи предвендской поверхности ССН (Ратницкое, Славянское, Рябиновское). Формируются урансодержащие апатит-железо-титановые, апатит-редкоземельно-железородные, флогопит-вермикулитовые месторождения, локализованные в щелочных метасоматитах и карбонатитах и связанные со становлением щелочно-ультраосновных массивов (Сокли, Вуориярви, Ковдор, Африканда). Образуются уникальные и крупные месторождения апатит-нефелиновых руд, ассоциированных с крупнейшими интрузиями нефелиновых сиенитов Кольского блока (Ловозерское и др.). Палеозойские осадочные породы вмещают урановые месторождения в фосфатонесных известняках (Камболово) и диктионемовых сланцах ордовика (Красное Село и др.). В Швеции к этому типу относятся известное месторождение Ранстад и ряд более мелких рудных объектов. Урановая минерализация локализована в черных сланцах, содержащих прослойки и линзы, обогащенные карбонатом. Российская часть Балтийского щита характеризуется широкой областью распространения диктионемовых сланцев, неглубоким залеганием и большими запасами бедных руд. Месторождения, связанные со сланцами, могут быть перспективными для комплексного извлечения урана, молибдена, ванадия и других элементов. Разработка инновационных технологий добычи урана из диктионемовых сланцев позволит существенно пополнить энергетический ресурс Северо-Западного региона.

Общие перспективы наращивания ресурсного потенциала урана связаны с зонами предрифейского структурно-стратиграфического несогласия и зонами складчато-разрывных дислокаций в наложенных раннепротерозойских прогибах. Открытие группы золото-урановых рудных объектов Ромпас резко повышают перспективы восточной части Балтийского щита на выявление крупных урановых месторождений, представляющих промышленный интерес.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В СТРУКТУРАХ МИНУСА-ТУВИНСКОЙ РИФТОГЕННОЙ ЗОНЫ**

**М.И. Баженов**

*СФ «Берёзовгеология» ФГУП «Урангео», г. Новосибирск, Россия*

Минуса-Тувинская рифтогенная зона (МТРЗ) (89 тыс. км<sup>2</sup>) на достигнутой стадии изучения является наиболее рудонасыщенной на территории деятельности предприятия «Берёзовгеология» (3,5 млн. км<sup>2</sup>), на которой известно 34 месторождения урана, 16 из них сосредоточены в структурах МТРЗ, в том числе 12 – в осадочном чехле, 3 – в вулканическом комплексе, 1 – в складчатом фундаменте.

Главная роль в формировании МТРЗ принадлежит постсилурийским сверхглубинным сквозьлитосферным (транслитосферным) разломам. Они развиты по периферии рифтогенных впадин, образуя полигональную, многократно активизированную систему, определяющую внешние границы рифтогенной зоны. Наряду с полигональной системой граничных сквозьлитосферных разломов, существует система внутривпадинных разломов этого ранга, образующих структуру типа «битой тарелки».

Сквозьлитосферные разломы являются главными структурами, контролирующими формирование в пределах МТРЗ гидротермального и гидротермально-осадочного уранового оруденения. Рудоформирующими для гидротермального уранового оруденения являются локально проявленные, специализированные на уран базальтоидные силло-дайковые и диатремо-дайковые комплексы завершающего этапа развития магматитов рифтогенной зоны.

Предполагается генетическая связь большинства месторождений с базальтоидным магматизмом рифтогенного этапа развития, на этой основе предложены критерии промышленно-значимой урановой рудоносности.

Объемы выполненных поисково-оценочных работ в пределах МТРЗ для достоверной оценки урановой рудоносности далеко не достаточны. Даны предложения по развитию прогнозных, поисковых и оценочных работ, реализация которых может привести к выявлению новых промышленно-значимых урановых месторождений и переоценке части ранее известных объектов. Предлагается, с учётом результатов всех ранее выполненных работ, проведение прогнозно-поисково-оценочного комплекса исследований на гидротермальное урановое оруденение по технологии, изложенной в работах автора в прежние годы.

В Северо-Минусинской впадине выделен Дербинский урановорудный район включающий Малтатский и Балахтинский урановорудные узлы, в которых размещены Солонечное, Рассохинское, Кемчугское, Юрган, Тумнинское месторождения урана. Установленные к настоящему времени запасы урана на месторождениях Дербинского

района составляют 5,77 тыс.т, прогнозные ресурсы урана кат.  $P_1$  –14,35 тыс.т,  $P_2$ -15,75 тыс.т. Дополнительно в структурах Солонечного рудного поля подсчитаны обоснованные горными и буровыми работами забалансовые ресурсы урана 36,0 тыс.т в бедных рудах со средним содержанием урана 0,018%. На других гидротермальных рудных объектах Дербинского района подсчёт ресурсов урана в бедных рудах не производился.

В пределах Малтатского рудного узла выделено 5 потенциальных рудоносных блоков общей площадью 127 км<sup>2</sup>, прогнозные ресурсы урана которых составляют  $P_2$ -152 тыс.т,  $P_3$ -53тыс.т.

Высказано предложение оценить технологическую и экономическую эффективность кучного выщелачивания урана из балансовых и бедных руд Солонечного рудного поля и, возможно, других рудных объектов Дербинского района с получением конечного продукта – желтого кека с ультравысоким содержанием урана.

Крупное Карасугское месторождение (запасы урана – 50,8 тыс. т) в основном геологически подготовлено к эксплуатации, к числу нерешённых задач относятся реализация оценочным бурением прогнозных ресурсов урана (87,4 тыс. т урана категории  $P_1$ ) и сопутствующих полезных компонентов, детализация бурением блоков богатых руд, отбор заводской технологической пробы.

Обоснован гидротермально-осадочный промышленно-значимый тип уранового оруденения в структурах осадочного чехла, разработаны модели рудоформирующих систем, предложены критерии и технология прогнозирования и поисков урановых месторождений этого типа. Рекомендуются выполнить переинтерпретацию имеющихся материалов по месторождениям урана в осадочном чехле, а также группам сближенных рудопроявлений и проявлений урана, как возможным индикаторам – трассерам масштабного гидротермально-осадочного оруденения, используя критерии этого типа оруденения и, в необходимых случаях, картировочное и поисковое бурение по технологии, предложенной автором.

В структурах Минуса-Тувинской зоны по результатам ранее выполненных поисковых работ выделено 24 площади аномальной ураноносности размером 200-4700 км<sup>2</sup>, которые предлагается переоценить по критериям мантийно-корового гидротермального типа (вулканический комплекс) и гидротермально-осадочного типа (осадочный чехол) уранового оруденения.



# ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНЫЙ ХАРАСАН (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

**Б.Р. Байназаров**

*ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*

Целью данной работы является изучение вещественного состава вмещающих пород месторождения Харасан. Объектом специальных исследований является образцы керна, представленные песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

В административном отношении месторождение Северный Харасан находится в Жанакорганском районе Кызылординской области. На месторождении Харасан в соответствии с генеральным планом развития урановой отрасли Республики Казахстан с 2005 г. организовано два добычных предприятия – СП «Кызылкум» и СП «Байкен У» с долевым участием АО НАК «КАЗАТОМПРОМ», Energy Asia LTD и UrAsia London Limited.

Данное месторождение представлено инфильтрационным генетическим типом, который основан на скопление минеральной массы в коре выветривания, образованные продуктами переотложения минерального вещества в процессе его инфильтрации.

Каменный материал для лабораторных исследований был отобран из скважины №1-15К. Было изготовлено 16 шлифов и 12 пришлифовок в оптико-шлифовальной лаборатории кафедры ГРПИ НИ ТПУ.

Для достижения поставленных целей были применены следующие методы: 1) изучение структурно-текстурных особенностей и минерального состава оптическим методом в отраженном и проходящем свете; 2) рентгено- флуоресцентный анализ с целью определения химических элементов в составе породы. Рентгено-флуоресцентный анализ был проведен на современном спектрометре Innov-X 50; 3) термический анализ с целью определение качественного фазового состава в породе. Термический анализ выполнен в научно-аналитическом центре НИ ТПУ. 4) Изучение битумов в породе с целью определения состава, содержания, структурно-текстурных особенностей, и распределение битумоидов в породе. Битуминозность пород изучалась, в ультрафиолетовом свете люминесцентным микроскопом Микмед-2Д. Было изучено 8 шлифов и 5 пришлифовок. Во всех изученных образцах зафиксированы следы миграции битумоидов, что сам свидетельствует о процессе битумообразования в изучаемом районе. Содержание эпитумоидов в породах изменяется от 0,02-0.05%. при среднем 0,03 %. Отмечается устойчивая тенденция к повышению концентрации битуминозных компонентов по мере приближение к рудной пачке. Состав эпитумоидов варьирует от легких (голубовато сечения) до смолистого асфальтенного

(темно-коричневого свечения), при преимущественном преобладании битумоидов смолистого состава (темно-бурое свечение), битумоидов приурочены к ослабленным зонам в породе: заполняют трещины, отмечаются в цементирующей массе, образуя ореолы в округ сульфидов все это свидетельствует об эпигенетичности битуминозного вещества. Особенностью отложений изученного разреза является ничтожное содержание битумоидов которые очевидно эмигрировали из пород.

В ходе выполненной работы были изучены минеральный состав, структурно-текстурные особенности песчаников, алевролитов кызылкумского участка урановорудного месторождения Харасан.

По минералогическому составу песчаники рудовмещающих отложений аналогичны друг другу. Содержание кварца в них в среднем составляет 60-70%, полевых шпатов 7-15%, обломков пород – 5-15%.

В подчиненном количестве содержатся слюды (мусковит, хлорит, хлоритизированный биотит) – в среднем 1-2%, углистый растительный детрит – в среднем 0.5-5%, глинистые минералы – в среднем 5-15%. В виде незначительной примеси встречаются акцессорные минералы (ильменит, лейкоксен, ставролит, турмалин циркон и другие).

Структурные типы цемента: по количеству и распределению в породах – базальный и карбонатный.

В результате интерпретации условия седиментогенеза было установлено, что породы образовались в результате различных процессов как связанных с бассейном осадконакопления, так и с процессами инфильтрации, проходящих на прилегающих территориях вместе с процессами механического и физического выветривания, диспергирующего первичные породы и механически устойчивых минералы до мелкообломочного состояния.

Анализ окислительно-восстановительного потенциала среды седиментации по составу аутигенных минералов показывает, что цементирующее вещество образовались и сконсолидировало аллотигенные обломки в окислительной обстановке которая затем сменилась переходной, о чем свидетельствует наличие в шлифах примазок органического вещества черного цвета. В дальнейшем переходная среда постепенно сменилась на восстановительную, где и произошло формирование фосфатного вещества и пирита.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОТОПНО-ПОЧВЕННОГО МЕТОДА (ИПМ) ПРИ ПОИСКОВЫХ РАБОТАХ НА УРАН В КАЗАХСТАНЕ

А.Е. Бахур<sup>1</sup>, И.А. Шишков<sup>2</sup>, Т.М. Овсянникова<sup>1</sup>

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – АО «Волковгеология», г. Алматы, Республика Казахстан*

Проблема выявления глубокозалегающих месторождений урана чрезвычайно актуальна в настоящее время и будет обостряться в перспективе. Фонд легко открываемых месторождений урана уже исчерпан. В условиях интенсивного развития атомной энергетики, увеличением объемов разведки и добычи урана возникла необходимость уточнения ряда геолого-генетических особенностей инфильтрационного ураноотложения, выявления новых поисковых признаков и критериев.

Решение этой проблемы предполагает создание и внедрение в практику геологоразведочных работ новых высокоэффективных технологий выделения и локализации перспективных на уран участков. Такие технологии могут быть созданы в том числе за счет выявления новых изотопно-геохимических закономерностей распределения и миграции радионуклидов в приповерхностной части геологического разреза с учетом сопутствующих факторов воздействия (структурно-геологических, ландшафтно-геоморфологических, гидрогеологических), а также за счет повышения точности, селективности, достоверности и чувствительности радиоизотопных методов.

Одним из перспективных направлений является развитие изотопно-почвенного метода (ИПМ), разработанного в ВИМСе в 1980-1986 гг. и основанного на опробовании представительного почвенного горизонта с последующим анализом соотношений между  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{234}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  в пределах участков с установленными аномальными концентрациями этих радионуклидов.

В 2009-2010 г.г. ЦОМЭ АО «Волковгеология» совместно с лабораторией изотопных методов анализа ФГУП «ВИМС» были проведены опытно-методические работы по оценке перспектив использования метода ИПМ и его вариантов на участках крупнейших месторождений пластово-инфильтрационного типа «Инкай» и «Буденновское» Шу-Сарысуйской урановорудной провинции. Глубина локализации рудных блоков составила от 450-500 и более м.

В результате была установлен оптимальный для опробования подпочвенный горизонт, получен массив данных о характере распределения на площади исследований таких изотопных параметров как:  $\text{МП} (^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb})$ ;  $\text{УА} ^{234,238}\text{U}_{\text{подв}}$ ;  $\gamma_{\text{Уподв}} = ^{234}\text{U}_{\text{подв}} / ^{238}\text{U}_{\text{подв}}$  и  $^{234}\text{U}_{\text{подв}} / ^{234}\text{U}_{\Sigma}$ , предложен новый показатель- комплексный изотопный параметр (КИП),

учитывающий все частные параметры с соответствующими весовыми коэффициентами.

На площади исследований зафиксированы аномальный ореол МП ( $^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$ ) и уран-изотопный ореол ( $\text{УА}^{234}\text{U}_{\text{подв}}$ ;  $\gamma_{\text{Уподв}}$ ), которые имеют существенные различия между собой. Вероятно, это связано с тем, что ореол полоний-свинцового параметра (МП) характеризует современное положение рудных залежей и направленность процессов миграции радионуклидов в последние 20-50 лет, тогда как уран-изотопные параметры могут отражать более раннее состояние (десятки и сотни тысяч лет) рудообразующих потоков подземных вод и геохимических барьеров, на которых формируются ролловые рудные тела.

Последующее поисково-оценочное бурение в южной части площади дало положительные результаты: профилями 64, 72 и 80 были вскрыты кондиционные урановые руды, что подтвердило эффективность использования ИПМ и наши предположения о развитии рудных зон в южном направлении на продолжении аномального ореола КИП.

В 2011-2012 г.г. помимо опытно-методических работ метод ИПМ был применен при поисковых работах в пределах западной и восточной части Шу-Сарысуйской депрессии (Мынкудук, Тогускен, Восточный Уванас, Сарысу и др.). Выявлен целый ряд протяженных высокоаномальных по МП ( $^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$ ) участков и аномалий подвижных изотопов урана. В тыловой части известных рудных залежей западного фланга и северо-западнее горного отвода месторождения Мынкудук зафиксированы многочисленные аномалии  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$ , наиболее интенсивные и протяженные изотопно-почвенные аномалии выявлены к западу от горного отвода месторождения Инкай. При детализации эти аномалии подтверждались. Общее простираение аномалий северо-западное и соответствует направлениям изгибов рудных залежей месторождений. Весьма вероятно, на этих участках могут быть выявлены рудные зоны, идентичные залежам месторождения Инкай.

Выявленные аномальные площади планируются к заверочному бурению.

В феврале 2013 г. результаты рассмотрены на НТС АО «НАК «Казатомпром», принято решение включить метод ИПМ и его модификации в качестве отдельного перспективного направления в Программы «Разработка научно-методических рекомендаций для обоснования рационального комплекса поисковых признаков и критериев на основе современных достижений в области геофизических методов и аппаратного обеспечения» и ««Научно-методическое руководство при проведении поисков пластово-инфильтрационных месторождений урана на основе региональных и локальных геолого-прогнозных исследований»».

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОЕКТА МКУДЖУ, ТАНЗАНИЯ

А.В. Бойцов<sup>1</sup>, В.Г. Мартыненко<sup>2</sup>, А.А. Новгородцев<sup>2</sup>

*1 – Uranium One, г. Торонто, Канада,*

*2 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

Проект Мкуджу расположен на юге Танзании и охватывает крупную лицензионную площадь (80×50 км) в пределах грабена Селус, выполненного осадочными, преимущественно песчаными отложениями субформации Кару триаса и перми.

В восточной части площади локализовано месторождение Ньюта. Урановая минерализация выявлена с поверхности до глубины 100 м. и представлена в основном фосфуранилитом и метаотенитом. Оруденение формируется поверхностными окислительно-восстановительными процессами. Глубина уровня грунтовых вод в районе рудных залежей варьирует от первых до 35 метров. В результате проведенной в 2011-2012 гг. разведки и переоценки месторождения общий объем ресурсной базы вырос на 27%: с 46 до 58,5 тыс. турана, при этом разведанные ресурсы категорий Measured и Indicated увеличены на 33%: с 35,9 до 47,9 тыс. турана. Среднее содержание урана составляет 300 ppm.

Детальная эманационная съемка, реализованная в 2012 г. на западном фланге месторождения по сети 200x100 м., позволила выделить дополнительные участки для прироста ресурсной базы урана на глубинах до 100 м.

Добыча урана предполагается открытым способом без применения буровзрывных работ. При этом способе отработки значительная часть запасов (17 тыс. т) по экономическим причинам остается за контурами карьеров в плане и по глубине.

Выполненный анализ геологических материалов позволил предложить комбинированный способ отработки месторождения – карьером и скважинным подземным выщелачиваем (СПВ) рудных тел, залегающих ниже уровня грунтовых вод.

В 2012 г. проведены работы по изучению литологических и гидрогеологических условий локализации оруденения за пределами карьера ниже уровня грунтовых вод на одном из участков месторождения. Работы подтвердили приемлемость условий залегания руд для применения метода СПВ.

Готовится проведение в 2013 г. геотехнологического опробования руд в естественном залегании методом пуш-пул. При внедрении метода СПВ вовлекаемая в освоение ресурсная база месторождения увеличивается как минимум на 8 тыс.т.

На площади Мкуджу Ривер, продолжающей площадь месторождения Ньюта на юг и юго-запад, выполнено бурение структурно-картировочных

скважин глубиной 700 – 400 м. Целью работ было выявление водоносных проницаемых горизонтов в субформации Кару, благоприятных для развития зон пластового окисления.

В результате работ в двух сероцветных песчаных горизонтах на глубинах до 400 м выявлены зоны пластового окисления (ЗПО) мощностью до 80 м. На контакте с окисленными породами фиксируются радиоактивные аномалии мощностью от десятков сантиметров до 1,5 м, эквивалентные первым сотым процента содержания равновесного урана. Это подтверждает перспективы площади на выявление уранового оруденения, связанного с развитием зон пластового окисления и пригодного для отработки методом СПВ.

Литолого-геохимическое картирование по скважинам, с учетом результатов эманационной радоновой съемки на площади по одиночным профилям, позволило выделить участки перспективные на обнаружение уранового оруденения в связи с выклиниванием ЗПО.

## **ОПЫТ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКВАЖИННЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ХИАГДИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА**

**К.Ю. Бушков<sup>1</sup>, В.П. Тимофеев<sup>1</sup>, А.Б. Ильченко<sup>1</sup>,  
Е.А. Гурулев<sup>1</sup>, А.В. Гладышев<sup>2</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «Хиагда», г. Чита, Россия*

С 2008 г. на месторождении ведутся работы по мониторингу процессов ПВ методами ГИС. Опыт этих работ в части методики выполняемых работ, применяемой аппаратуры, решаемых задачах и практических геологических результатах представлен в докладе.

Мониторинг процессов ПВ ведется главным образом с применением индукционного каротажа скважин методом «двух растворов». Отдельные задачи решаются методами термометрии и расходомерии.

Методами токового каротажа, термометрии, расходомерии и видеокаротажа скважин решаются задачи контроля технического состояния скважин.

Применение методов ГИС в условиях месторождения позволяет решить следующие актуальные проблемы, стоящие перед добывающим предприятием.

1) Уточнение фильтрационных свойств рудовмещающего разреза применительно к процессу ПВ.

2) Мониторинг растекания выщелачивающих растворов в недрах, что позволяет оценить эффективные мощности и объем горнорудной массы, вовлекаемой в процесс ПВ. Данные, получаемые методами ГИС, подтверждаются контрольным бурением. Эта информация способствует более рациональному использованию недр месторождения.

3) Выявление заколонных перетоков.

4) Контроль технического состояния скважин, как в процессе их сооружения, так и при эксплуатации.

Кроме того, в докладе дан краткий обзор перспективных направлений мониторинговых исследований методами ГИС, которые могут найти применение на месторождениях, обрабатываемых методом ПВ.

## **СПЕЦИФИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕЖЕЙ ХИАГДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕЕ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАБОТКУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

**К.Ю. Бушков<sup>1</sup>, В.П. Тимофеев<sup>1</sup>, М.В. Шалагин<sup>2</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – МГУ, г. Москва, Россия*

На стадии горно-подготовительных работ гидрогенного месторождения урана «песчаникового» типа в верховьях погребенных палеодолин произведен анализ геологических и гидрогеологических условий отдельных залежей, которые могут оказывать влияние на их отработку методом ПВ.

Основные выводы следующие.

1. Каждая залежь месторождения и каждый участок залежи имеют свои специфические, относительно месторождения в целом, гидрогеологические условия. Эти условия могут оказывать значительное влияние на процесс ПВ и должны учитываться при проектировании и постоянно доизучаться при ведении добычных работ.

2. Предложены геологические и гидрогеологические критерии районирования залежей и их участков, применительно к процессу ПВ. Данные критерии могут быть положены в основу концептуальной гидродинамической модели отдельных залежей месторождения. Предложена концептуальная (на качественном уровне) гидродинамическая модель залежи месторождения.

3. На качественном уровне оценено возможное влияние гидрогеологических условий отдельных залежей месторождения и условий локальных участков залежей на протекание серноокислотного ПВ в недрах.

4. Применительно к условиям месторождения адаптирована методика расчета проектного дебита технологических скважин и, на качественном уровне, оценены геолого-гидрогеологические факторы, влияющие на производительность скважин.

5. На стадии горно-подготовительных работ уточнены фильтрационные свойства рудовмещающего разреза (по результатам кустовых откачек, обработки данных расходомерии и индукционных каротажей методом «двух растворов»).

6. Дана качественная оценка влияния многолетнемерзлых пород разреза на процесс ПВ.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ И СОСТАВ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИ-ПРОЖИЛКОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА НОРАНСКОЙ ПЛОЩАДИ ТАШИРСКОГО РАЙОНА**

**В.В. Василишина, Л.В. Чесноков, Н.С. Трофимов**  
*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Таширский район приурочен к центральной части Джида-Витимской зоны позднепалеозой-мезозойской тектоно-магматической активизации. В пределах этой зоны широко проявилась полихронная гранитизация (PR<sub>3</sub>, PZ<sub>1</sub>, PZ<sub>2-3</sub>) преимущественно палингенно-метасоматического характера с формированием очагово-купольных структур (PR<sub>3</sub>-PZ), приразломных впадин юрско-мелового возраста. Отчетливо определилась флюорит-урановая металлогеническая специализация района с узловой концентрацией наиболее значимых месторождений и рудопроявлений. Основными рудоконтролирующими структурами являются крупные очагово-купольные структуры (ОКС) – Норанская и Удунгинская и обрамляющие их вулканотектонические постройки. Эти структуры характеризуются формированием на поздних этапах гранитизации радиогеохимически специализированных массивов (Норанский, Боратский), развитием полихронных и полифациальных метасоматических процессов с образованием протяженных зон привноса-выноса урана. Именно в этих зонах предыдущими работами выявлены небольшие по масштабам месторождения и многочисленные рудопроявления урана. Примечательна локализация уранового оруденения как в осадочно-вулканогенных образованиях ВТС, так и в интрузивно-метаморфических породах фундамента.

Норанская ОКС расположена в Селенгинском районе Республики Бурятия. Она представляет собой локальное сводовое поднятие, сложенное в центральной части многофазовыми лейкократовыми гранитами и сиенитами позднепалеозойского возраста, которые по периферии



окаймляются в различной степени гранитизированными метапородами раннего кембрия и гранитоидами раннего палеозоя.

Размещение урановорудных объектов определяется литолого-структурными элементами продольной ориентировки при экранирующей роли вулканогенно-осадочного чехла. Локализация урановых руд стратиформного типа в базальном горизонте чехла и штокверково-трещинного типа в фундаменте отмечается в висячем боку разломов (Перевальный, Гребневой), а богатых руд – в метапородах фундамента и контролируется зоной сочленения малоамплитудных Гребневой и Дайковой зонами разрывных нарушений.

В фундаменте со специализированными гранитоидами Норанского массива связано формирование редкометалльной, редкоземельной, судьфидной, преимущественно с молибденом, минерализации и уранового оруденения, связанного с метасоматически-вкрапленными бразованиями в метапородах, близких к «эйситам». Метасоматиты эйситового типа имеют площадной характер развития и сопровождаются бедным оруденением. По ограниченным данным возраст урансодержащих редкоземельных фторкарбонатов составляет 245-250 млн.лет, для урановых руд в «эйситах» – 238 млн.лет, что позволяет говорить не только о рудоподготовительной, но и о рудоформирующей роли домезозойского этапа в пределах Норанской площади, предшествующего проявлению основного урановорудного этапа.

Позднемезозойская активизация характеризуется околорудной новообразованной минерализацией аргиллизитового типа, имеющей прожилковый характер развития, с хлоритом, карбонатом сидеритового типа, монтмориллонитом. Основные руды прожилковых и брекчиевых текстур расположены в эйситизированных разностях. Месторождение Сланцевое расположено в ореоле эйситизированных пород, за пределами «эйситов» количество рудных прожилков уменьшается.

Развитие основного позднемезозойского уранорудобразующего процесса, проявленного как в породах вулканогенно-осадочного чехла, так и в сланцах домезозойского фундамента, приводило к формированию руд прожилковой и брекчиевой текстур. Образование этих руд происходило благодаря проявлению трех последовательно формирующихся рудных минеральных ассоциаций при ведущей роли второй, существенно коффинитовой ассоциации, при ограниченном развитии околорудных образований «аргиллизитового» типа.

В позднемезозойских рудах среди метапород фундамента не всегда проявлены все три минеральные ассоциации при обычном их совмещении в богатых рудах на Гребневом (Дайковом) рудопроявлении, где отмечены максимальные концентрации твердых битумов (до 3-7%). Урановое оруденение основного этапа, возраст которых по настурану 132-138 млн.лет, по коффиниту 111-123 млн.лет, по руде – 120-147 млн.лет, относится к силикатному и, преимущественно, к монокомпонентному

типу; лишь в богатых рудах выявляются значимые концентрации рудосопровождающих элементов (Mo, As, Pb), а также как легких, так и тяжелых редких земель, что возможно указывает на полигенный источник рудообразующих растворов.

По вещественному составу многоактность проявления уранорудообразующего процесса и возрасту ведущих урановых минералов и руд выявленное урановое оруденение на Норанской площади, близко к рудам месторождений Стрельцовского рудного поля. Определенные черты сходства по вещественной характеристике, в том числе наличие твердых углеводородов, и условиям локализации уранового оруденения, имеются с урановыми рудами крупных месторождений в Чешском срединном массиве (Пршибрам и др.); близость с последним намечается в размещении урановорудных объектов относительно крупных массивов гранитоидов и полихронном формировании урановорудных концентраций.

## **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**  
*ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург, Россия*

Наиболее эффективными геохимическими методами при поисках и разведке скрытых глубокозалегающих месторождений урана являются методы, изучающие различные формы рудных элементов, в том числе и ионные формы. К таким методам относится и метод ИСК, при котором определяются ионно-солевые формы элементов в поровых растворах горных пород.

Метод ИСК, разработанный в институте ВИРГ-Рудгеофизика, в первоначальном варианте использовался для изучения ионно-солевых форм рудных элементов в поровых растворах коренных пород. Однако дальнейшие исследования и усовершенствование метода показали возможность применения метода ИСК не только для коренных пород, но и для рыхлых отложений и почв (патент № 2396561 от 19.01.10).

Примером положительного применения метода ИСК являются площадные исследования, выполненные по коренным породам Ботабурум-Кызылсайского ураново-рудного поля, района Стрельцовского УРП, позволившие выявить аномальные концентрации урана над месторождениями интенсивностью до  $100 \times 10^{-7}$  г/л и выше при фоне первые единицы-десятки.

Для оценки эффективности поисковых возможностей метода ИСК при опробовании рыхлых отложений проведены исследования на

урановых месторождениях разных генетических типов в различных регионах страны.

Так, в Зауралье, Западной и Восточной Сибири метод ИСК применялся на урановых месторождениях палеодолинного типа – Долматовском, Малиновском, Щегловском. Выявление признаков урановых залежей, приуроченных к структурам палеодолинного типа, усложнялось глубоким залеганием рудных тел (200-450 м), широким развитием палеодолин, в том числе безрудных, а также значительными размерами рудных палеодолин (до сотен километров в длину и километры в ширину). Проведенные исследования по региональным профилям масштаба 1:200000 показали, что метод ИСК может быть эффективно использован для разбраковки рудных и безрудных палеодолин и оконтуривания рудных залежей.

В Восточной Сибири метод ИСК опробован на месторождениях гидротермального типа Парусном (Ажитканский УРР), Столбовом (Саяны). В пределах месторождения Парусного ураноносные зоны, контролируемые отдельными тектоническими нарушениями, сопровождаются интенсивно проявленными гидротермально-метасоматическими изменениями вмещающих туфов. Съёмка методом ИСК в масштабе 1:10000 свидетельствует о широком развитии повышенных содержаний ионно-солевых форм урана, на фоне которых выделяются локальные максимумы, соответствующие, по данным бурения, наиболее богатым рудам. На участках, не охваченных горно-буровыми работами, методом ИСК установлены направления простираения известных рудных залежей, а также выделены новые участки с высокими содержаниями ионно-солевых форм урана, соизмеримыми с изученными рудными аномалиями. В районе месторождения Столбового по данным опробования установлены сравнительно невысокие концентрации ионно-солевых форма урана, однако к северо-западу от него выделена мощная контрастная аномальная зона интенсивностью до  $35 \times 10^{-7}$  г/л на фоне  $n \times 10^{-7}$  г/л, представляющая поисковый интерес.

В пределах Чарского УРР возможности метода ИСК оценены на участке Новом в масштабе 1:10 000. По данным съёмки устанавливается общий повышенный фон ионно-солевых форм урана, обусловленный вмещающими гранитоидами, на фоне которых контрастными аномалиями ИСК выделились известное золото-уран-ториевое рудопроявление и новые перспективные участки.

В 2012 году работы с использованием метода ИСК выполнены в Южном Забайкалье в пределах Акуинской вулcano-тектонической структуры в районе месторождения Барун-Улачинское и нескольких рудопроявлений. Месторождение контролируется протяженными и мощными разломами северо-восточного простираения и представлено сериями жил, прожилков, линз кварц-карбонат-хлоритовых метасоматитов с настураном и сульфидами. Контрастными аномалиями метода ИСК

выделено и оконтурено Барун-Улачинское месторождение и выявлен ряд новых аномальных зон, совпадающих с рудоконтролирующими северо-восточными разломами, которые могут рассматриваться в качестве перспективных на урановое оруденение. Аномальные и еще более высокие содержания ионно-солевых форм урана установлены в делювиально-аллювиальных отложениях по долинам рек, что позволило выделить новые перспективные зоны, а также показать необходимость проведения опробования не только рыхлых отложений и почв хребтовых и верхнесклоновых частей рельефа, но и отложений водотоков.

***Выводы:***

1. Создан и широко апробирован в разных геолого-ландшафтных обстановках метод опробования горных пород, обладающий большой глубиной и высокой разрешающей способностью по выявлению прямых признаков уранового оруденения, который заслуживает своего места в поисковом комплексе методов.

2. Установлено, что метод ИСК эффективен на всех этапах (масштаб 1:200000-10000) поисково-ревизионных и поисково-оценочных работ при выявлении ураново-рудных объектов различных генетических типов.

**КАРТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗОН И УЗЛОВ ПО  
ЦИФРОВЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ – ОДИН ИЗ ПУТЕЙ  
ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРАНОВОРУДНЫХ  
ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ)**

**В.Е. Голомолзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац**  
*ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург, Россия*

Благодаря бурному развитию компьютерных технологий и накопленному опыту прогнозно-поисковых работ в настоящее время имеется возможность прогнозирования скрытого уранового оруденения с использованием специализированной методики, основанной на цифровых геофизических моделях (ЦГМ) крупных и уникальных по запасам урановорудных объектов (УРО). С этой целью в ФГУНПП «Геологоразведка» создана база ЦГМ, прообразами которых явились подобные выше указанным объекты России и других стран Мира. Специфика геолого-структурных обстановок, в которых локализируются указанные объекты, позволяет рассматривать их как энергоактивные зоны и узлы. Для выделения и прослеживания подобных зон и узлов в некотором временном диапазоне тектоно-магматической активизации могут быть использованы ЦГМ нескольких эталонных ураново-рудных объектов, которые группируются в «синтетические» ЦГМ.

Прогнозные построения с использованием настоящей технологии выполнены по целому ряду регионов России, но наиболее убедительные результаты в последнее время (2006÷2012 г.г.) получены по Забайкалью. По перспективному Чарскому ураново-рудному району в результате обработки материалов АГС-съёмки и гравимагнитных данных выделен ряд перспективных энергоактивных зон, в том числе зона I первой очередности – Новая с локальным перспективным участком того же названия с признаками УРО «типа несогласия». Рекомендованным комплексом наземных геофизических работ зона не изучена, дальнейшие работы в районе прекращены. Анализ материалов с использованием этой технологии выполнен по Черепаниховской площади (Акитканский УРР). В результате выделен перспективный энергоактивный узел Дорожный, на котором была рекомендована постановка подготовительных геофизических и геохимических работ с целью обоснования последующего поисково-оценочного бурения. Подготовительные работы не проведены, дальнейшие работы также прекращены. Аналогичными исследованиями по Родниковой зоне было установлено, что в её пределах нет признаков проявления поисковых критериев УРО Стрельцовского типа и ожидать выявления в её пределах промышленных УРО нет оснований. Позднее к аналогичному выводу пришли после проведения оценочных буровых работ. Такой же вывод был сделан и по Урово-Урюмканской зоне, где также планировалось выявление УРО Стрельцовского типа.

То, какая новая информация может быть получена с использованием технологии выявления энергоактивных зон и узлов, можно показать на примере Таширского ураново-рудного района и Акуинской ВТС. На Таширской площади в результате обработки геофизических материалов фрагментарно подтвердились очагово-купольные структуры, выделенные предыдущими исследователями. Все перспективные участки, ранее рекомендованные для детальных поисково-оценочных работ, не проявились как энергоактивные зоны и узлы. По результатам проведенных здесь поисково-оценочных работ уже сейчас может быть сделан вывод о незначительных масштабах уранового оруденения в пределах изучаемых перспективных участков. Между тем, выделился ряд новых перспективных энергоактивных зон и узлов, представляющих поисковый интерес. Наиболее интересным из них является Варламовский, где наряду с геофизическими проявились и геологические поисковые критерии. Ни одна из вновь выделенных перспективных зон не была вовлечена в отработку. На Акуинской площади выделенные энергоактивные зоны и узлы не совпадают с известными мелкими ураново-рудными объектами, по масштабности уранового оруденения аналогичными объектам Таширского УРР. Однако, ни одна перспективная «геофизическая» зона не рассматривается в качестве самостоятельного объекта для наземного изучения.

Для выявления контрастного с богатыми рудами уранового оруденения типа Антей важное значение имеет прослеживание рудоконтролирующих структур на глубину, вплоть до кристаллического фундамента. Впервые апробированная оригинальная технология обработки данных гравиметровой и магнитной съёмок масштаба 1:25 000 по Стрельцовской кальдере позволила составить серию погоризонтных (через 250 м) карт цифровых геофизических моделей с признаками проявления энергоактивных узлов, которая может служить отправным пунктом для планирования последующего оценочного бурения с целью выявления оруденения в фундаменте.

### **Выводы**

1. Создана, апробирована в России и за рубежом компьютерная технология прогнозирования по ЦГМ скрытых (в том числе крупных и уникальных) месторождений урана. Результаты такого прогноза в России практически не находят применения.

2. В районах, где проводятся ревизионно-поисковые работы на уран, необходима обязательная обработка ретро- и новых материалов с выделением энергоактивных зон и узлов с их последующей наземной оценкой. Очевидно, такая работа в первую очередь должна выполняться при ревизионно-поисковых работах в Забайкалье – в регионе, где такие работы проводятся наиболее активно.

## **ОТКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЛЬЗИТ – ПРИМЕР НОВОЙ РАЗНОВИДНОСТИ ГИДРОГЕННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ВОСТОЧНО-ГОБИЙСКОМ РАЙОНЕ МОНГОЛИИ**

**М.Н. Гречухин<sup>1</sup>, Б. Бат-Очир<sup>1</sup>, П.А. Игнатов<sup>2</sup>**

*1 – СП Гурван-Сайхан, г. Улан-Батор, Монголия*

*2 – МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия*

Ульзитинское урановорудное месторождение инфильтрационного типа находится в Восточно-Гобийском районе Монголии, в 500 км к юго-востоку от столицы, г. Улан-Батор. В рамках проекта СП Гурван-Сайхан (Монголия-Россия-Канада) поисково-оценочные работы проводились с 1997 г. Результатом этих исследований стало открытие нового месторождения урана гидрогенного типа в 2011 году. Месторождение локализовано в пределах одноименной Ульзитинской впадины, одной из крупнейших поздне-мезозойских депрессий Восточно-Гобийского района Монголии и находится в ее центральной части, вблизи северо-западного кристаллического обрамления. Ульзитинская депрессия, сформированная в раннемеловое время на жестком кристаллическом фундаменте, является эрозионно-тектонической грабен-синклинальной структурой, линейно

вытянутой в северо-восточном направлении на протяжении 200 км. Кристаллическое обрамление слагают интрузивные породы гранитного состава палеозоя и мезозоя, юрские и нижнемеловые эффузивные комплексы, а также блоки протерозойских гранито-гнейсов. Осадочный чехол депрессии сложен континентальными отложениями нижнего и верхнего мела. Мощность осадочных пород составляет первые сотни метров, достигая >1000 м (по данным геофизики) в осевой части грабена. В структурном плане район месторождения находится в пограничной области двух региональных складчатых систем – Центрально и Южно-Монгольской. Непосредственно сам Ульзитинский грабен расположен в зоне главного монгольского линеамента. В тектоническом плане Ульзитинская депрессия характеризуется сложным блоковым строением. Присутствуют три основные системы нарушений – первого порядка регионального характера и древнего заложения, северо-восточного простирания, определяющие развитие асимметричной линейной депрессионной структуры того же направления; второго порядка – более молодые поперечные разломы северо-западного простирания, определяющие блоковое строение депрессии; третий тип – сквозные долгоживущие глубинные региональные тектонические зоны меридионального и субмеридионального простирания. Оригинальная тектоническая позиция района является ключевой в формировании месторождения. Пространственно месторождение находится в прибортовой части Ульзитинской депрессии, вблизи кристаллического обрамления, сложенного средне-верхнеюрскими гранитами и граносиенитами с повышенным общим радиогеохимическим фоном. Пенепленизированное горное гранитное обрамление являлось основным источником поступления дезинтегрированного материала в осадочный бассейн, областью питания подземных вод, а также основным источником для миграции урана. Урановая минерализация локализована в проницаемых и слабопроницаемых осадочных терригенных отложениях нижне-верхнемелового возраста. Выделяются две литогенетические ассоциации меловых отложений. Первая включает пестроцветные аллювиально-пролювиально-коллювиально-делювиальные образования, вторая – сероцветные угленосные озерно-болотные. Отложения первого типа в основном грубообломочные плохосортированные сложены глыбовыми и крупнозернистыми конгломератами и конглобрекциями, а также гравелитами и аркозовыми песчаниками. Они распространены непосредственно вдоль прибортовой части депрессии, а также слагают мощный конус выноса вдоль долгоживущего поперечного разлома северо-западного простирания. Озерно-болотные, в меньшей степени аллювиально-озерные лимнические отложения второго типа распространяются вглубь седиментационного бассейна и представлены сероцветными конгломератами, конглобрекциями, песчаниками, алевролитами, обогащенными углефицированным органическим

веществом, углистыми глинами, маломощными прослоями и горизонтами бурых углей. Оруденение развивается по границе фациального замещения первой литогенетической ассоциации второй и контролируется окислительно-восстановительным барьером. Грунтовый и субпластовый окислительный фронт развивается по наиболее проницаемым отложениям грубообломочной пестроцветной формации от борта депрессии, по отложениям конуса выноса, а также по зонам трещиноватости вдоль разрывных нарушений. Контрастный восстановительный барьер обусловлен присутствием углефицированного органического вещества в озерно-болотных отложениях и зонами распространения пирита. Многоуровневые рудные залежи сложной линзо-, ленто- и ролло-образной формы развиты в пределах глубин 10-200 м. Наиболее значимая минерализация приурочена к кровле сероцветной толщи и к западной границе фациального изменения отложений. В разрезе рудные залежи залегают согласно с границей фациального перехода от грубообломочных пестроцветных отложений к сероцветным, зачастую повторяя сложный заливо- и струе-образный характер фациальной изменчивости. В плане месторождение имеет линейно вытянутую форму, тяготея к фронтальной границе отложений обширного конуса выноса протяженностью первые километры и шириной несколько сотен метров. Содержание металла варьирует от фоновых до 0.2 %, в среднем – первые 0.01%. Наряду с общими геологическими закономерностями строения месторождения, получены данные об оригинальном вещественном составе руд месторождения, их радиологических свойствах, стратиграфии вмещающих отложений и т.д. В настоящее время проводится разведка месторождения бурением, дальнейшее изучение особенностей его строения, характеристик руд и рудовмещающих отложений, определяющих возможность и целесообразность их отработки методом СПВ.

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ**

**А.А. Данилов<sup>1</sup>, В.Г. Журавлев<sup>2</sup>, Е.В. Кузьмин<sup>2</sup>,  
С.А. Красных<sup>1</sup>, А.В. Тарханов<sup>3</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ЗАО «Эльконский ГМК», г. Томмот-Москва, Россия*

*3 – ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

Эльконский урановорудный район (ЭУРР) расположен в южной, наиболее освоенной части Республики Саха (Якутия). Ураноносность Эльконского рудного района установлена в начале 60-ых годов прошлого



века. В период 1961-86 гг. ПГО «Приленскгеология» в пределах рудного района выполнен большой объем поисковых, оценочных и разведочных работ, в результате которых были разведаны и поставлены на государственный баланс запасы урана и попутных компонентов (золота, и серебра) по месторождениям Зона Южная и Северное. Выполненная геолого-экономическая оценка месторождений Зоны Южная показала, что их освоение, несмотря на уникальные масштабы, экономически не эффективно.

В 2007 году были получены лицензии, а в 2009-2012 годах ЗАО «РУСБУРМАШ», ФГУП «Урангео», ОАО «ВНИИХТ», в рамках договоров с ЗАО «Эльконский ГМК» выполнены геологоразведочные работы на месторождениях Элькон, Непроходимое, Дружное (Зона Южная) и месторождении Северное.

По результатам работ получен значительный, порядка 53 тыс. т, прирост запасов урана категории  $C_1$ , получены новые данные по геологическому строению, вещественному составу и технологическим свойствам руд, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям отработки месторождений. В урановорудных телах подсчитаны запасы золота, серебра и молибдена (месторождение Дружное), а так же, впервые, запасы ванадия в количестве более 103 тыс. т, при среднем содержании 0,05%.

Зона Южная, включающая месторождения: Элькон, Эльконское Плато, Курунг, Непроходимое, Дружное, является самым крупным и наиболее изученным объектом в Эльконском урановорудном районе. Она приурочена к одноименному тектоническому нарушению, пересекающему Эльконское сводово-горстовое поднятие, сложенное породами архейского кристаллического комплекса.

Простирается Зона северо-западное, падение юго-западное под углом  $50-80^{\circ}$ ; протяженность, в наиболее изученной и продуктивной части, – 20,7 км, мощность – 10-30 м. На глубину урановое оруденение распространяется до 2-х км без признаков выклинивания. Руды, в основном, алюмосиликатные, браннеритовые, сульфидсодержащие, представленные двумя основными сортами: золото-урановым и молибден-золото-урановым (на месторождение Дружное). По содержанию урана руды рядовые (среднее содержание 0.150%).

Месторождение Северное приурочено к одноименной тектонической зоне, проходящей в 2,5 км севернее и параллельно Зоне Южной и сходно с ней по особенностям геологического строения. Впервые, в зоне окисления месторождения Северное выявлены участки, перспективные на обнаружение промышленного золотого оруденения для открытой отработки с кучным выщелачиванием; изучены технологические свойства первичных и окисленных руд. Оценены прогнозные ресурсы золота и серебра категории  $P_1$  в количестве 19 т (1,09 г/т) и 125 т (7,08 г/т), соответственно.

Рудные тела всех месторождений ЭУРР однотипны. Это вытянутые по простиранию и падению маломощные тела с практически сплошным

характером оруденения, ориентированные субсогласно с элементами залегания рудовмещающих тектонических зон. В рудных телах ураноносных Зон Южная и Северная выделяются рудные столбы, имеющие северо-западное склонение. В них, до отметки –100 м, сосредоточено значительное количество относительно богатых руд (ОБР). Руды месторождений комплексные. К попутным компонентам урановых руд относятся золото, серебро, молибден, а также ванадий и редкоземельные элементы.

Полученные по результатам ГРР новые данные, а также выполненная геолого-экономическая оценка, показывают, что реальными направлениями повышения эффективности совместного освоения месторождений ЭУРР могут стать:

- увеличение сырьевой базы проектируемого предприятия за счет доразведки запасов урана месторождения Северное и вовлечение неглубоко залегающих руд (в том числе, золотых) на первом этапе отработки, что позволит сократить сроки выхода рудника на максимальную мощность и уменьшить удельные затраты на его строительство;

- изменение очередности отработки запасов с первоочередным вовлечением в отработку ОБР месторождений Элькон, Эльконское Плато, Курунг и Северное;

- оптимизация проектных решений в горнодобывающем и рудоперерабатывающем комплексах в условиях вовлечения дополнительных запасов: увеличение производительности очистных панелей и концентрации горных работ за счет применения прогрессивных систем разработки; минералого-технологическое картирование (выделение разных типов руд); применение флотации в начале технологического процесса обогащения (и/или опережающее опробование руды) для разделения окисленных и неокисленных руд и увеличения извлечения попутных компонентов; переработка упорных (браннеритовых) и окисленных руд, соответственно, с использованием автоклавного и атмосферного выщелачивания; использование рентгенорадиометрической сепарации для повышения степени извлечения золота.

## **ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

**А.А. Дементьев<sup>1</sup>, А.С. Бабкин<sup>1</sup>, А.Д. Истомина<sup>2</sup>,  
М.Д. Носков<sup>2</sup>, А.Г. Кеслер<sup>2</sup>, А.А. Чеглоков<sup>2</sup>**

*1 – ЗАО «Далур», Курганская обл., Россия*

*2 – НИЯУ «МИФИ», г. Москва, Россия*

Отличительной особенностью добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является сложность управления геотехнологическим процессом. Это обусловлено недостаточностью данных о продуктивном горизонте и нелинейной взаимосвязью протекающих в нём процессов, невозможностью непосредственного наблюдения за технологическим процессом, значительной инерционностью природно-техногенной системы, ограниченными возможностями воздействия на движение флюидов и др. Применение современных технических средств и решений в области информатизации и автоматизации позволяют повысить эффективность управления технологическим процессом. В ЗАО «Далур» в сотрудничестве с Северским технологическим институтом НИЯУ «МИФИ» разрабатывается инновационная технология управления разработкой месторождений урана методом СПВ, основанная на комплексном анализе геологических и геотехнологических данных на всех стадиях жизненного цикла предприятия, многовариантном моделировании геотехнологического процесса, применении интеллектуальных систем для поддержки принятия решений.

Для информационного обеспечения инновационной технологии управления создан интегрированный программно-аппаратный комплекс. Комплекс состоит из четырех взаимосвязанных на уровне данных информационных систем: горно-геологической, технологической, геотехнологической моделирующей и экспертно-аналитической. Кроме того, в состав комплекса входит хранилище данных, обеспечивающее согласованное хранение и представление всего объема информации любой системе комплекса. Горно-геологическая информационная система предназначена для информационного обеспечения геологоразведочных работ на стадии разведки, проектирования и разработки месторождения урана. Она позволяет проводить сбор, хранение, обработку, интерпретацию и визуализацию разнородных данных о рудовмещающем горизонте, а также строить геолого-математические модели и рассчитывать по ним геотехнологические показатели (включая подсчет запасов различными способами). Технологическая информационная система предназначена для информационного обеспечения работы добычного комплекса геотехнологического предприятия. С помощью неё осуществляется сбор, хранение, обработка и визуализация фактической

информации о работе добычного комплекса, расчет геотехнологических показателей для блока, залежи, месторождения, включая движение запасов, подготовка сменных, суточных, месячных отчетов. Геотехнологическая моделирующая система дает возможность проводить расчеты процесса подземного выщелачивания с учетом гидрогеологического строения продуктивного горизонта, реальных режимов работы технологических скважин и составов рабочих растворов. Она позволяет рассчитывать содержание урана и кислоты в продуктивных растворах по скважинам и блокам; массу извлеченного урана, расход кислоты в зависимости от времени и Ж/Т, распределения продуктивности, содержаний урана, кислоты, сульфат иона в технологических растворах продуктивного горизонта, поля напоров и скоростей движения растворов. Экспертно-аналитическая система применяется для поиска, представления, анализа и оценки всего объема информации в целях повышения оперативности и эффективности управленческих решений, направленных на оптимизацию отработки месторождения.

Преимуществами программно-аппаратного комплекса являются блочно-модульная архитектура, масштабируемость и возможность развития, оптимальная структура баз данных, наличие механизмов интеграции с действующими на предприятиях автоматизированными системами; включение новых современных средств поддержки принятия решений; соответствие требованиям по информационной безопасности. Комплекса обеспечивает хранение и передачу данных, получаемых на разных стадиях жизненного цикла предприятия, консолидацию информации для целей оперативного управления, производственного учета, планирования и прогнозирования, расчет показателей работы добычного комплекса.

Применение комплекса обеспечивает рост производительности труда инженерно-технических работников и административно-управленческого персонала (автоматизация обработки данных, подготовки документации и отчетов, оперативность доступа к любой информации на различных уровнях), оптимизацию геотехнологического процесса в результате выбора наилучших схем и режимов работы технологических объектов, повышение эффективности процессов добычи на основе достоверной и оперативной геологической и технологической информации, получаемой от различных источников, снижение эксплуатационных затрат за счет контроля технологических режимов и эффективной работы наземного и подземного оборудования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ

С.А. Дзядок

*БФ «Сосновгеология» ФГУПП «Урангеологоразведка», г. Иркутск, Россия*

Витимский урановорудный район расположен на территории Баунтовского района Республики Бурятия, в пределах Витимского плоскогорья, на водоразделе рек Витим, Большой Амалат, Амалат, Ципикан. Здесь размещается самый крупный на юге Восточной Сибири бассейн накопления кайнозойских континентальных отложений терригенно-базальтовой формации, слагающих Амалатское плато базальтов и отходящие от него линейные депрессионные структуры.

Потенциал Витимского урановорудного района составляют месторождения урана в терригенных нижнемеловых впадинах и, при безусловной главенствующей роли, месторождения в неогеновых палеодолинах, наиболее значительные из которых образуют Хиагдинское рудное поле.

Хиагдинское рудное поле (ХРП) объединяет восемь месторождений урана – Тетрах, Хиагдинское, Вершинное, Источное, Дыбын, Намару, Коретконде, Количикан. Все перечисленные месторождения относятся к гидрогенному палеодолинному типу. Месторождения этой группы представляются первоочередными для проведения разведочных и эксплуатационных работ. Запасы урана категорий В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> Хиагдинского рудного поля по состоянию на 1.07.2012 г. составляют 49 305 т. Кроме того, по всем участкам месторождений рудного поля подсчитаны прогнозные ресурсы урана категории Р<sub>1</sub> в количестве 1554 т, оцененные по более редкой и неравномерной сети скважин. Эти ресурсы являются реальной основой для увеличения запасов месторождений. Общая оценка разведанных, оцененных запасов и ресурсов категории Р<sub>1</sub> Хиагдинского рудного поля в проницаемых рудах составляет 50 859 тонн урана.

За пределами Хиагдинского рудного поля предшествующими работами (1974-1976 гг.) выявлены и предварительно оценены Родионовское и Джилиндинское месторождения урана. В результате поисково-оценочных работ (2003-2012гг.) выявлены и оценены месторождения Дутакинтское, Иминское, Дулесминское, Красное и новые рудные залежи на флангах Джилиндинского месторождения (рудопроявления Леводжилиндинское и Олон-Джилиндинское). В 2012-2013 гг. выявлены новые перспективные рудопроявления Баркасунское, Якунгдинское, рудоносные палеодолины на флангах Экзарского и Куларктинского рудопроявлений.

Общая оценка Витимского урановорудного района применительно к оруденению «палеодолинного типа» в неогеновых осадках под покровами базальтов на сегодняшний день составляет: запасы категорий В+С<sub>1</sub>+ С<sub>2</sub> –

55 551 т, ресурсы категории  $P_1$  – 33 013 т, ресурсы категории  $P_2$  – 103 315 т, ресурсы категории  $P_3$  – 30 000 т. Суммарная оценка запасов и ресурсов уранового оруденения «палеодолинного» типа составит 221 871 т.

Для совершенствования и наращивания минерально-сырьевой базы Витимского УРР необходимо завершить разведку месторождений Хиагдинского рудного поля, разведать Джилиндинское, Родионовское, Дулесминское, Красное месторождения, что обеспечит перевод предварительно оценённых запасов и ресурсов в запасы промышленных категорий. Необходимо провести детальные поисково-оценочные работы в Хиагдинском рудном поле, где возможно выявление не только новых палеодолинных рудных залежей, но и оруденения в зонах дробления гранитов фундамента. Проведение поисковых работ в Восточном рудоперспективном узле северо-восточной части Амалатского плато базальтов позволит выявить новые рудные залежи с оценкой ресурсов категории  $P_1$  и  $P_2$ .

Проведение поисковых, поисково-оценочных работ на определившихся перспективных и мало изученных участках ранга прогнозируемого рудного поля: Аталангинском, Баркасурском, Экзарском, Байтахском.

## **УРАН ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА: ИСТОРИЯ ПОИСКОВ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРАНОНОСНОСТИ**

**А.П. Долгушин<sup>1</sup>, В.В. Серяков<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП СНИИГГиМС, г. Новосибирск, Россия*

*2 – СФ «Берёзовгеология» ФГУПП «Урангео», г. Новосибирск, Россия*

1. В связи с высокой насыщенностью региона проявлениями рудной минерализации, Енисейский кряж уже более 200 лет рассматривается как перспективный регион для поисков крупных рудных месторождений.

2. Анализ всех моделей развития и строения Енисейского кряжа показывает, что он представляет собой крупный жесткий докембрийский блок с тектоно-выступом Центрального антиклинория и обрамляющими, налегающими на него, эпикратонными рифейско-вендскими прогибами, которые, вероятно, наследуют раннепротерозойские прогибы.

3. Геолого-структурные и геотектонические особенности строения Енисейского кряжа, его сходство с крупнейшими золоторудными районами на древних щитах, являлись причиной длительных (с 1884г) поисков на его территории золотосодержащих конгломератов. С конца 1960-х годов были попытки поиска и золото-урановых конгломератов, но промышленно значимых рудных объектов найдено не было.

4. Наличие в раннедокембрийских гранитизированных образованиях повышенных содержаний радиоактивных элементов; углеродистых сланцев и амфиболитов в составе пород, выполняющих раннепротерозойские прогибы; длительно развивавшихся в протерозойский период центров гранитизации с гранито-гнейсовыми куполами и накоплением урана в этих процессах; нескольких крупных перерывов в осадконакоплении (раннепротерозойский, раннерифейский и позднерифейский) с формированием протоплатформенного чехла и интенсивной тектоно-магматической активизацией в позднерифейский-нижнепалеозойский период, позволили Березовской экспедиции ИПГУ начать с конца 1970-х годов планомерные (стадийные) поиски месторождений урана типа «несогласий» на всей территории Енисейского кряжа.

5. Поисковые работы продолжались почти 10 лет и были прекращены в конце 1980-х годов в связи с прекращением государственного финансирования отрасли. За этот период были выявлены в зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия (ССН) 3 мелких месторождения урана и многочисленные рудопроявления, в том числе и золотосодержащие. Анализ выполненных работ показал, что при слабой обнаженности территории, геофизические, геохимические и гидрогеохимические методы поисков использовались недостаточно.

6. В этот же период и более позднее время на территории Енисейского кряжа выполнялись интенсивные поиски других твердых полезных ископаемых, в результате которых были выявлены несколько крупных, одно уникальное (Олимпиадинское) и много мелких месторождений золота, месторождения полиметаллов, олова, редких земель, что указывает на высокую рудную продуктивность региона.

7. Анализ выявленной ураноносности Енисейского кряжа позволяет выделить на его территории Северо-Енисейский урановорудный район с тремя рудными узлами: Вороговским, Уволжским и Приенисейским. На площади всех трех узлов имеются многочисленные признаки, которые указывают на высокую перспективность выявления крупных урановых месторождений в докембрийских образованиях: проявленность уранового оруденения нескольких геолого-генетических типов в разных геолого-структурных обстановках; мощные полистадийные метасоматические процессы от щелочных высокотемпературных до кислотных средне-низкотемпературных стадий с последовательным накоплением урана; радиогеохимически специализированные на уран магматические комплексы; крупные и протяженные (более 50-60 км) ураноносные зоны с повышенной радиоактивностью разных пород; механические развалы оруденелых глыб с урановой минерализацией, водные источники, мочажины с высокой радиоактивностью и аномально высокими содержаниями радона; процентные содержания урана в отдельных сечениях по скважинам и горным выработкам.

8. Анализ гравимагнитного поля выполненный с использованием современных компьютерных технологий Пустозеровым М.Г. и Бабиным В.А. (2012-2013гг), позволяет предполагать наличие магма и рудогенерирующей очагово-купольной структуры или мантийного диапира под центральной частью Енисейского кряжа с рудонасыщенными глубинными флюидами, что может объяснить высокую рудную продуктивность территории.

9. Сравнительный анализ всех геолого-структурных, металлогенических особенностей и истории развития региона показывает, что урановорудный потенциал Енисейского кряжа очень высокий и на его территории могут быть выявлены крупные и уникальные месторождения урана в докембрийских образованиях, в том числе – золото-урановые. Для этого необходимо выполнение поисковых работ в полном объеме: детальные аэрогеофизические работы, наземные геофизические исследования с высокоточной аппаратурой (электроразведочное зондирование, профилирование, детальная магнитометрия, радиометрия, эманиционная съемка), минералого-геохимическое картирование рудосопровождающих метасоматитов и активное участие в поисковых работах (методика, высокоточные лабораторные методы исследований) специализированных научно-исследовательских организаций.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА В СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ СИБИРИ**

**А.П. Долгушин<sup>1</sup>, В.В. Серяков<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП СНИИГТиМС, г. Новосибирск, Россия*

*2 – СФ «Берёзовгеология» ФГУП «Урангео», г. Новосибирск, Россия*

Одним из перспективных регионов с высоким урановорудным потенциалом является территория юга Средней и Южной Сибири. В состав региона территориально входят промышленно развитые районы Красноярского края, Новосибирской, Томской областей, Республики Тыва и территории Алтая с горно-добывающими, перерабатывающими золоторудными, железорудными предприятиями, объектами черной металлургии и химической отрасли с развитой инфраструктурой. Широкая проявленность уранового оруденения, которое было выявлено в регионе предприятиями Первого Главного Геологоразведочного Управления, а также массовыми поисками в прошлом веке и подготовленность площадей для постановки поисковых работ, создает, по мнению авторов, благоприятные условия для реализации здесь крупных инвестиционных проектов в урановой отрасли.



Многочисленные урановорудные объекты, известные на рассматриваемой территории, различны как по условиям формирования, так и по своей промышленной значимости. Общность геологических условий формирования, генетических признаков и территориальная обособленность ряда объектов, позволяет выделить здесь 11 урановорудных районов с выявленным кондиционным оруденением и 4 потенциально ураноносные площади.

Расположение урановорудных районов и потенциально ураноносных площадей контролируется крупными геоструктурными элементами в регионе – предполагаемые магма и рудогенерирующие очагово-купольные структуры или мантийные диапиры, выступы докембрийских гранитизированных жестких блоков и палеозойских срединных массивов, наложенные межгорные впадины, узлы расщепления и изгиба глубинных разломов. В пределах одного района часто проявлены несколько разных геолого-генетических типов уранового оруденения, которые локализованы в различных геолого-структурных обстановках.

Анализ и обобщение всех имеющихся материалов по ураноносности территории, позволяет выделить три ведущие генетические группы урановых объектов, которые локализованы в трех основных геолого-структурных обстановках и имеют большие перспективы на выявление промышленных урановых месторождений.

1. Урановорудные объекты типа «несогласий», которые выявлены вокруг архей-раннепротерозойских выступов Енисейского кряжа и Восточного Саяна на юго-западной окраине Сибирской платформы. Протяженность ураноносной полосы более 1000 км при ширине 30-70 км, в её пределах выявлено 5 месторождений урана и большое количество рудопроявлений. Урановые руды установлены в областях тектономагматической активизации гранито-гнейсовых раннедокембрийских куполов в зоне выклинивания перекрывающего рифейского субплатформенного чехла. Большая часть урановых руд сопровождается золотой минерализацией, а по типу рудолокализации отмечается сходство с канадско-австралийскими месторождениями урана. Выявленные объекты являются мелкими, но в большинстве случаев они не изучены бурением как на флангах, так и на глубину, что позволяет предполагать возможность обнаружения «слепого» оруденения. Прогнозные ресурсы урана в рудном поясе оцениваются в настоящее время в количестве не менее 130-150 тыс. т. по категориям  $P_1 + P_2$ .

2. Урановорудные объекты с гидротермальным и гидротермально-осадочным оруденением в зонах наложенной верхнепалеозойской тектономагматической активизации. Многочисленные урановые месторождения выявлены в молассоидах и вулканитах верхнепалеозойских межгорных впадин Минуса-Тувинской рифтогенной зоны и в оперяющих ее тектонических структурах. Наибольшую урановую продуктивность имеет крупная Северо-Минусинская впадина, в основании которой локализована

предполагаемая магма и рудогенерирующая очагово-купольная структура или мантийный диапир, которые выделены по гравимагнитным данным Пустозеровым М.Г. и Бабиным В.А, 2012 г. Прогнозные ресурсы урана Минусинских и Тувинской впадин оцениваются в настоящее время в количестве около 130 тыс. т. по категориям  $P_1 + P_2$ .

3. Урановорудные объекты с гидрогенным инфильтрационным урановым оруденением (песчаниковый тип) в рыхлых отложениях платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. Повышенную ураноносность несут юрско-меловые и палеоген-неогеновые отложения на выклинивании зон грунтово-пластового окисления в области погружения ураносодержащих пород фундамента Алтае-Саянской складчатой области под отложения чехла Западно-Сибирской плиты. Зоны грунтово-пластового окисления в Кулундинско-Барнаульской впадине и на Мариинской площади перспективны на выявление промышленного гидрогенного инфильтрационного оруденения, пригодного для добычи методом подземного выщелачивания и сходного по масштабам с Чу-Сарысуйской провинцией. Ресурсный потенциал этих территорий ( $P_1+P_2$ ) оценивается в 120 тыс.т.

В докладе приведены авторские количественные оценки прогнозных ресурсов урана.

## **РАДИОАКТИВНОЕ РАВНОВЕСИЕ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЫБРЫН (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)**

**В.А. Домаренко<sup>1</sup>, С.В. Краморенко<sup>1</sup>, В.Г. Мартыненко<sup>2</sup>,  
А.А. Новгородцев<sup>2</sup>, А.А. Руденко<sup>2</sup>, Е.А. Митрофанов<sup>2</sup>, В.Г. Деревенец<sup>1</sup>**  
*1 – ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*  
*2 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

Месторождение Дыбрынское занимает крайнюю западную часть Хиагдинского рудного поля и расположено на северо-западном склоне Байсыханского поднятия. Оно находится в 10 км к северо-западу от месторождения Тетрах. Площадь его охватывает истоки и долину верхнего течения р. Дыбрын-Джилинда и характеризуется абсолютными отметками в 1280-1230 м водораздельных частей и 1240-1200 м долин рек. Относительные превышения достигают 40-80 м.

По особенностям состава слагающих отложений в нижней подсвите выделяется две толщи: нижняя – терригенная максимальной мощностью 70 м, в которой локализована подавляющая часть урановорудных залежей («продуктивная» или «рудоносная» толща), и верхняя – вулканогенно-осадочная толща мощностью до 190 м с довольно редким убогим урановым оруденением.

Урановое оруденение установлено в стволовой палеодолине и в 6-ти мелких правых притоках, в трех притоках существуют предпосылки для выявления оруденения.

Минеральный состав руд на первый взгляд довольно прост и представлен продуктами разрушения ближайшей области питания обломочным материалом. В целом в рудах присутствуют минералы, характерные для аркозовых осадков. Основными урановыми минералами являются фосфаты четырехвалентного урана (нингиоит), реже отмечаются оксиды урана (уранинит, настуран, урановые черни), гидроксиды (фурмарьерит), силикаты (коффинит арсениты (метановачекит), карбонаты (студтит, виденманнит, рётзерфордин), фосфаты шестивалентного урана (отенит), очень редко титанат урана – браннерит. Ураносодержащие – аршиновит, дисперсный анатаз.

**Зона диффузионных радиевых ореолов** в виде узких полос оторочки окаймляет рудные тела со стороны неокисленных пород, примыкая к рудным телам, как со стороны кровли, так и со стороны подошвы. На месторождении средняя мощность радиевых оторочек равна 0,2 -0,5 м, содержание урана в них 0,007-0,009 %, содержание радия – 0,01-0,013 %.

**Зона урановых руд** характеризуется смещением радиоактивного равновесия в сторону урана. Минимальные значения коэффициента радиоактивного равновесия наблюдаются, как правило, в центральной части рудного тела. В сторону границ рудных тел  $K_{рр}$  постепенно увеличивается, часто превышая 1,0.

**Зона остаточных радиевых ореолов** примыкает к зоне урановых руд со стороны окисленных пород. На месторождении мощность зоны варьируется от 1,0 до 6,0 м. Содержание урана в зонах остаточных радиевых ореолов не превышает 0,003-0,005%. Содержание радия колеблется в широких пределах, достигая 0,03% и более.

## **МЕТОДИКА ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**В.А. Домаренко, О.Г. Савичев**  
*ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*

Анализ геохимического состояния донных отложений поверхностных водных объектов широко используется при проведении поисков полезных ископаемых, однако объяснить результативность выполненных работ и причинно-следственные связи между выявленными фактами в каждом конкретном случае удаётся далеко не всегда. С учётом

этого в Томском политехническом университете в течение многих лет проводятся исследования химического состава донных отложений рек Западной и Восточной Сибири, закономерностей и факторов его изменения по территории, а также работы по повышению эффективности геохимических и гидрогеохимических поисков. Один из результатов этих исследований – методика поисков полезных ископаемых на основе данных о химическом составе донных отложений малых рек – представлен в рассматриваемом докладе. Методика основывается на предложенной авторами математической модели переноса вещества с водным стоком в виде радиально сходящегося потока:  $C = C_0 (Y_0 / Y) (F_0 / F)^{1+\eta}$ ; где  $C$  и  $C_0$  – концентрация вещества в донных отложениях и на водосборе без выраженной русловой сети, соответственно, мг/кг;  $Y$  и  $Y_0$  – слой водного стока на участках с русловой сетью и без неё, мм;  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $F_0$  – площадь участка водосбора в истоке реки без выраженной русловой сети, км<sup>2</sup>;  $\eta = (k_Y k_C T) / k_T$ ;  $k_Y$  – коэффициент перехода от слоя стока к условной средней глубине потока;  $k_T$  – коэффициент размерности;  $T$  – расчётный период, с;  $k_C$  – коэффициент трансформации вещества, с<sup>-1</sup>. Апробация модели выполнена по данным о химическом составе донных отложений ряда малых водотоков Сибири. Их изучение показало, что в пространственном изменении химического состава донных отложений по мере нарастания площади водосбора явственно проявляются тенденции уменьшения концентраций Fe, Cr, Ni, In, Te (рис.), а в изменении Au, Pb, W, Hf, Ta – тенденции увеличения; колебания Cu и Zn более хаотичны.

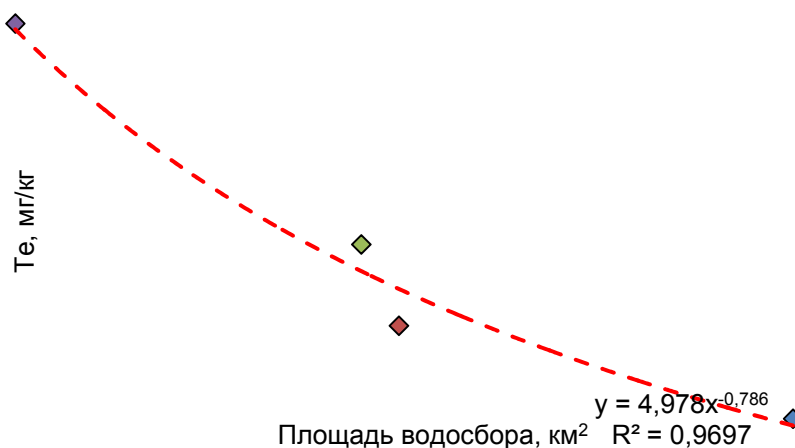


Рис. Изменение концентраций Te в донных отложениях малого водотока в междуречье рек Ангара и Подкаменная Тунгуска

В целом же рассматриваемая модель вполне адекватно описывает изменение по территории водосбора концентраций изученных элементов. С учётом этого авторами предлагается методология поисков полезных ископаемых, включающая в себя: 1) геоинформационный анализ исследуемой территории с целью выделения малоприточных участков с

относительно резким уменьшением интенсивности водообмена (выходы рек с горных районов на равнинный, обширные участки с русловой многорукавностью); 2) отбор 2–3 проб донных отложений на выявленных участках и определение их химического состава; 3) расчёт содержаний веществ  $C_0$  в истоках рек по приведённой выше формуле и планирование детального обследования районов с повышенными значениями  $C_0$  с бóльшей частотой опробования донных отложений рек и других компонентов окружающей среды; 4) проведение детального специализированного геолого-геохимического картирования перспективной площади. Опробование речных отложений рекомендуется проводить в период с водным стоком, близким к среднегодовым значениям.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЕРГЕНИЙСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА, ПРИГОДНЫХ К ОТРАБОТКЕ КУЧНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ**

**В.Н. Ерёмин, В.П. Сютин**

*ОАО «Кольцовгеология», г. Ессентуки, Россия*

Краткий очерк геологического строения ураноносность Ергенинского ураново-рудного района (Шаргалыкско-Троицкая и Вагабурульская площади).

Методика проведения работ.

Оценка прогнозных ресурсов урана категории  $P_1$  Шаргадыкско-Троицкой и Вагабурульской площадей.

Шаргадыкское месторождение, его геологическое строение.

Оценка прогнозных ресурсов урана категории  $P_1$  Шаргадыкского месторождения.

Выделение и картирование природных и технологических типов фосфорно-редкоземельно-урановых руд, характеристика их вещественного состава и определение его влияния на технологические показатели,

Проведение укрупненных опытных испытаний фосфорно-урановых руд с целью определения возможности их отработки способом кучного выщелачивания.

Геолого-экономическая оценка объектов, пригодных для кучного выщелачивания.

Результаты работ. Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_1$  – 12 000 т. Шаргадыкского месторождения и разработка рекомендаций по его лицензированию.

Перспективы развития работ по урану на комплексных месторождениях (залежах) уран-фосфор-редкоземельных руд.

## **ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ НОРАНСКОЙ ПЛОЩАДИ**

**С.У. Зайцев**

*ОАО «Сосновгео», г. Усть-Куда, Россия*

Показана избирательная приуроченность уранового оруденения в сланцевых комплексах Норанской площади к структурным узлам, образованным сочленением субмеридиональных и субширотных разломов. В пределах этих узлов урановое оруденение локализуется на участках интенсивного проявления разнонаправленной круто- и пологопадающей трещиноватости с образованием наиболее масштабных жильно-штокверковых залежей в пачках углеродсодержащих сланцев. Мощность залежей составляет 10 – 80 м при протяженности от первых сотен до 1200 метров и вертикальном размахе в 100 – 300 м. Оруденение локализуется на глубинах от 200 до 500 м от современной поверхности. Рудные залежи представляют собой сочетание крутопадающих жильно- и линзообразных рудных тел мощность от первых метров до 16,3 м при содержаниях урана от 0,05 до 0,143 %, в том числе с интервалами богатых брекчиевых руд с содержанием урана 0,3–0,5% на мощность 0,7–3,5 м. Урановая минерализация представлена в основном настураном и коффинитом. В рудах установлено проявление полихронного метасоматоза со сменой во времени эйситизации хлоритизацией и аргиллизацией.

## **СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО AU-U ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОГО (ЭЛЬКОНСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА САХА ЯКУТИЯ)**

**А.П. Зайченко, В.Ю. Фомин, В.А. Домаренко**

*ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*

Месторождение Северное расположено в Алданском районе Республики Саха (Якутия) в 50 км к востоку от административного центра г. Алдана и в 40 км югу от г. Томмот. Район месторождения зоны Северной расположен в северо-восточной части Эльконского горста, представляющего собой активизированную в мезозое часть Алданского щита [1].

Главными элементами структуры Эльконского урановорудного района и зоны Северной, в частности, являются региональные разломы северо-западного направления архейского заложения, неоднократно подновлявшиеся в более позднее (мезозойское) время. Некоторые из них

вмещают промышленное золото-урановое оруденение, другие оказывают влияние на его локализацию. Выделяются также системы разломов широтного, меридионального и северо-восточного направлений, несущих рудную нагрузку.

На наш взгляд месторождение Северное представляет собой линейный крутопадающий (50-70°) штокверк юго-западного падения. Причем золото является как попутным компонентом, так и образует собственные рудные тела, иногда не вписывающиеся в основное традиционное (установленное предыдущими работами) направление. Данный аспект требует дальнейшего изучения оперяющих структур и их сочленения с точки зрения прироста запасов как золота, так и урана.

Исходным материалом для данных исследований послужили: керн, данные полевой документации керна, данные гамма каротажа и его интерпретации, данные лабораторных исследований, проведенных ЗАО «Русбурмаш».

Изучению подверглись рудные участки керна, выделенные по данным гамма каротажа и кернового опробования на золото. Для систематизации ориентировок структур (системы трещиноватости, прожилкования) было выбрано три направления: близкое к 0° к оси керна, близкое к 45° к оси керна и близкое к 90° к оси керна. Подсчет проводился преимущественно по фотодокументации керна, для заверки полученных данных по 9 из 68 скважинам данные сверялись с натурой. Сходимость составила 73%.

Таблица

Данные по изучению ориентировки структур по фотодокументации керна

Угол к оси керна	Кол-во проб	Угол к оси керна	Кол-во проб
0	193	90-0	58
45	562	45-0	314
90	123	90-45-0	98
90-45	252	?	130
		всего	1730

Из таблицы видно, что классическому направлению (45°) соответствует 1/3 образцов. Остальные 2/3 образцов подтвердили широкое распространение оперяющих структур, отличных от основного направления, которые можно отнести к трещинам скола и отрыва. Предполагается использование этих данных для построения структурной модели месторождения Северного.

#### Литература

1. Молчанов А.В. Металлогения урана Алданского и Анабарского щитов. Диссертация на соискание уч. степени доктора геол.-мин. наук. Л.: ВСЕГЕИ. 2004. 373 с.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ LANGER HEINRICH (НАМИБИЯ)

И.А. Ивлев<sup>1</sup>, И.Г. Печенкин<sup>2</sup>

1 – ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия

2 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия

В сентябре 2012 г. авторы посетили с урановое месторождение Langer Heinrich и ознакомились с комплексом мероприятий по разведке, добыче и переработке руд эталонного для Намибии объекта в палеоруслах в связи с калькретами.

Еще в 1973 г. на реке Гавиб в 90 км к востоку от Свакопмунда аэроадиометрическая съёмка выявила линейную радиометрическую аномалию. Ее наземная заверка подтвердила наличие уранового оруденения. Началась интенсивная разведка открытого месторождения получившего название Langer Heinrich. Однако с 1979 г. работы были полностью прекращены в связи с падением цен на уран. Разведка возобновилась в 2002 г., когда права на него получила фирма «Paladin».

Минерализация, представленная карнотитом, установлена в речных осадках палеорусла в связи с калькретами. Она встречается по всех литологических разностях пород, выполняющих структуру меридионального простирания. Оруденение распределено неравномерно по мощности осадков и встречается в виде небольших карманов, линз, вокруг галек и в зонах трещиноватости. Его максимальные концентрации приурочены к слабо сцементированному песчанистому гравию. Рудный пласт средней мощностью 7-8 м залегает на глубине нескольких метров от поверхности выше уровня грунтовых вод. Изученная протяженность палеодренажной системы составляет около 15 км.

Ресурсы месторождения на 2012 г. по данным фирмы «Paladin» составляют 77980 U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> при содержании 0,54 % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (бортовое содержание U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> – 250 ppm) и приурочены к семи разведанным зонам. При данном борте эксплуатация месторождения предполагается рентабельной. Производство было рассчитано на 20 лет при примерной добыче 1200-1500 т урана в год.

В 2010 г. закончен второй этап проекта, когда добыча была около 1500 тыс. т урана в год. Расширение производства в рамках третьего этапа позволило увеличить производительность до 2000 тыс. т. В настоящее время реконструирована и модернизирована большая часть производства: дробилки, система очистки, участки выщелачивания и ионнообмена, хвостохранилища и др. Предполагается, что эти мероприятия позволят на четвертом этапе увеличить производство урана до 3800 тыс. т в год. Однако четвертая стадия временно «заморожена» в связи с падением цен на уран.



Расширение площади разведочных работ западнее горного отвода предполагает увеличение запасов месторождения. Планируется, в границах новой лицензии EPL3500, обнаружить на глубине русловые отложения с рудоносными калькретами, перекрытые четвертичными осадками.

Авторы благодарят главного технолога Sarel Malan за оказанную помощь при ознакомлении с объектом.

## УРАНОВЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

**В.П. Исупов<sup>1</sup>, С.С. Шацкая<sup>1</sup>, Н.З. Ляхов<sup>1</sup>,  
А.Г. Владимиров<sup>2</sup>, Е.Н. Мороз<sup>2</sup>, С. Ариунбилэг<sup>3</sup>,  
С.Л. Шварцев<sup>4</sup>, М.Н. Колпакова<sup>4</sup>, Л.В. Куйбида<sup>5</sup>**

*1 – ИХТТМ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

*2 – ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

*3 – ИГиМР АНМ, г. Улан-Батор, Монголия*

*4 – ТФ ИНГГ СО РАН, г. Томск, Россия*

*5 – ИХКГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

Урансодержащие минерализованные озера различных регионов мира рассматриваются как перспективный нетрадиционный источник уранового сырья [1-3]. С этой точки зрения представляют интерес минерализованные озера, расположенные на территории урановорудных районов Западной Монголии. Исследования, выполненные в 2007-2012 гг. коллективом институтов СО РАН и Монголии, выявили повышенное содержание урана в ряде озер различных регионов Монголии, результаты этих исследований частично опубликованы в [4-6]. Целью настоящей работы является обобщение экспедиционных исследований по изучению содержания урана в минерализованных озерах Западной Монголии. В ходе работ изучено свыше 40 минерализованных озер этого региона. Анализ содержания урана и микрокомпонентов (As, В, Мо и др.) проводился с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой «Agilent 7500 а», а также методом атомно-эмиссионной спектроскопии с ИСП (iCAP 6300 Duo, Thermo Scientific). Помимо микрокомпонентов в озерной воде определяли содержания натрия, калия, магния, кальция, кремния, хлорид-, сульфат-, бикарбонат – и карбонат-ионов, лития и стронция.

Минерализация исследованных озерных вод колеблется от  $n \cdot 0,1$  до 400 г/л, рН от 6,1 до 10,3. Содержания карбонат-ионов варьируются в пределах 0-1,7 г/л, гидрокарбонатов – в пределах 0,14-4,7 г/л. Содержание хлорид-ионов изменяется от 0,008 до 190 г/л, сульфат-ионов от 0,018 до 116 г/л. Доминирующим катионом является натрий, который варьируется от 0,025 до 118 г/л. В ряде случаев наблюдается повышенное содержание

магния, максимальные значения которого достигают 25-28 г/л. Содержание урана в исследованных озерах варьируется в широких пределах от 0,003 до 3 мг/л. Наряду с ураном в озерных водах зафиксированы повышенные содержания бора (до 250 мг/л), брома (до 1,1 г/л), лития (до 100 мг/л), стронция (до 8 мг/л). Среди микроэлементов необходимо отметить повышенное содержание мышьяка, которое достигает в ряде озер до 1 мг/л.

Для изученных озер, несмотря на их различный гидрохимический тип, наблюдается достаточно высокий (0,65) коэффициент корреляции между концентрацией бикарбонат (карбонат) ионов и концентрацией урана. Как было показано ранее, возможным источником урана в озерах Северо-Западной Монголии выступают горные породы, вероятнее всего, – рифтовые дайковые комплексы с сульфатной минерализацией мезозойского-кайнозойского возраста [4]. Взаимодействие бикарбонат и карбонат ионов, присутствующих в подземных водах, с этой породой приводит к образованию карбонатных комплексов уранила  $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ ,  $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ ,  $UO_2(CO_3)^0$ , образующих с щелочными (Na, K) катионами легко растворимые соединения. Разгрузка подземных вод через речную сеть или непосредственно в озера приводит к накоплению соединений урана в озерной воде. Испарение воды из озер в условиях аридного климата способствует их относительному обогащению ураном [6]. На основании данных по химическому составу озерных вод Западной Монголии и имеющихся в литературе сведений по объему этих озер была проведена предварительная оценка объема запасов U-238 в водах ряда озер. Максимальные запасы урана (6000 т) сосредоточены в озере Хяргас нуур, стоимость уранового сырья в котором близка к 1 млрд.\$.

Рассмотрены источники накопления урана в озере Хяргас нуур.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН №110.

### Литература

1. Mingkuan Qin. Current Progresses and Prospects on Unconventional Uranium Resources (UUR) of China. Technical Meeting on Uranium from Unconventional Resources. 4-6 November 2009, IAEA Headquarters, Vienna. Интернет-ресурс: [http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/documents/RawMaterials/TM\\_Vienna2009/presentations/9\\_QIN-CHINA.pdf](http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/documents/RawMaterials/TM_Vienna2009/presentations/9_QIN-CHINA.pdf).
2. Yaman M et al. // CLEAN – Soil, Air, Water. 2011. V. 39. Issue 6, P. 530–536.
3. Yadav D. N., Sarin M. M. // Aquat Geochem. 2009. V.15. P. 529–545.
4. Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ляхов Н.З., и др. // Доклады Академии Наук. 2011. том 437. № 1. С. 85–89.
5. Исупов В.П., Владимиров А.Г., Шварцев, С.Л., и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. 19. С.141-150.
6. Исупов В.П., Ариунбилэг С, Разворотнева Л.И., и др. // Доклады Академии Наук. 2012. Т.447. № 6. С. 658-663.

## ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД ЕРГЕНИНСКОГО ФОСФОРНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-УРАНОВОГО РАЙОНА

**Б.Ю. Каминов**

*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Ергенинский фосфорно-редкоземельно-урановый район расположен в области сочленения Скифской плиты и Русской платформы, на территории кряжа Карпинского – в пределах центрального Элистинского блока.

Рудовмещающими отложениями являются коллоидные глины серой, светло-зеленовато-серой окраски с редкими включениями рыбных остатков, относящиеся к средней части майкопской серии верхнего олигоцена, датируемые как нижняя подсвита калмыцкой свиты –  $P_3^3 kc_1^2$ . В разрезе этих отложений выделяется три горизонта: степновский, южно-буратинский и багабурульский. В основании каждого из них залегают, выделяясь темно-серой окраской, пластово-линзовидные скопления рыбных остатков, к которым приурочено фосфорно-редкоземельно-урановое оруденение.

Рудовмещающие отложения залегают на глинистых породах соленовской свиты, относящиеся к основанию средней части майкопской серии –  $P_3^{1-2} sl$ . Перекрываются рудовмещающие отложения зеленовато-серыми алевритистыми глинами с прослоями мелкозернистого песка в основании разреза, относящимися к верхней подсвите калмыцкой свиты –  $P_3^3 kc_2-ng$ . На них с глубоким размывом залегают плиоцен-четвертичные отложения с формированием вдоль поверхности несогласия зоны подперерывного поверхностного окисления. Значительному размыву, вплоть до размыва рудного горизонта, они подверглись при формировании современной овражно-балочной системы.

Минеральные типы пород и связанные с ними природные типы руд наиболее детально изучены на Шаргадыкском месторождении. Оно расположено в западной части изучаемого района, приурочиваясь к верхнему багабурульскому рудному горизонту. Площадь Шаргадыкского месторождения ограничивается метро-процентом  $mс$  – 0,012% и мощностью рудного пласта 30 см. Протяженность его составляет 10 км при ширине 1,5 км на западе и 5 км на востоке.

В кровле рудного пласта непосредственно на контакте с перекрывающими светло-серыми глинами прослеживается тонкий слой (2-3 см) кристаллического пирита. Ниже залегают темно-серые до черного породы, пропитанные тонкозернистыми порошковатыми сульфидами железа типа мельниковита. Они содержат примесь костного рыбного детрита и обрывки светло-серой глины, распределенных беспорядочно, что придает этим породам мусорный или размывной облик и относятся к сульфидному типу.

Достаточно резко эти отложения переходят в темно-серые с коричневатым оттенком рыхлые разности или с приблизительно равным соотношением сульфидов железа и костных остатков (смешанный тип

породы), или с преобладанием последних над первыми (фосфорный тип породы). Текстура этих отложений изменяется от слоистой за счет переслаивания детрита со светло-серыми глинами до размывной с беспорядочным распределением глин и костного детрита. В слоистых породах детрит хорошей сохранности, распределен строго по слоистости, в интервалах с размывной текстурой он интенсивно подробен.

В средней части разреза и у его основания развиты прослой и линзы мощностью 5-7 см карбонатных пород, представленных кальцитом, сидеритом, мергелями. В качестве самостоятельного минерального типа эти отложения не выделяются, поскольку в связи с ограниченным распространением на минеральный состав руды в разрезе скважин они влияние не оказывают.

Непосредственно в основании разреза обычно появляется прослой, сложенный исключительно фосфорным типом, который имеет «трухлявый» облик и характеризуется коричневатым цветом, представляя собой природный «костный концентрат». Появление его в подошве рудного горизонта определяет повышенную радиоактивность разреза в целом.

Сульфидный тип характеризуется содержаниями S от 18 до 31%, а  $P_2O_5$  – от 4 до 15%. В фосфорном типе соотношение этих элементов обратное – содержание S составляет 9-14%, а  $P_2O_5$  – 16-24%. Смешанный тип пород характеризуется близкими, но переменными содержаниями этих элементов. В прослоях, сложенных карбонатными породами, содержание как S, так и  $P_2O_5$  составляет первые проценты при высоком содержании CaO – 30-34% против 5-10% в сульфидном типе пород и 17-30% – в фосфорном.

Результатами анализов подтвердилась закономерность: повышенные содержания U до 0,1 % и  $\sum TR$  до 0,3 % связаны с фосфорным типом, а Mo (0,02 %) и Re ( $1 \cdot 10^{-4}\%$ ) – с сульфидным.

## **ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО УЗЛА И УСЛОВИЯ ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**К.В. Карепина, В.А. Домаренко**  
*ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*

Бакчарский узел расположен в Бакчарском административном районе Томской области в 200 км к запад-северо-западу от Томска.

В геоморфологическом плане район расположен на Обь-Иртышском водоразделе.

По времени формирования рудная толща прибрежно-морских и морских осадков занимает промежуток от турона до эоцена и с несогласием залегает на морских песчано-глинистых отложениях верхней

юры–нижнего мела. Выше по разрезу залегает толща, неогеновых и четвертичных отложений, мощность которой достигает 160–200м.

Существенную роль для понимания условий локализации рудоносной толщи играют геофизические исследования. В качестве примера интерпретации геофизических данных были взяты 2 скважины (108 и 127) Западного участка Бакчарского узла, разрезы которых отличаются разным размахом радиоактивности.

В разрезе скважины 108 присутствуют преимущественно песчано-глинистые образования с включениями и прослоями лигнитов. Руды встречены на интервале 190 – 214 м.

Верхняя часть разреза (интервал 36-50м) характеризуется высокими показаниями ПС (до 150 мВ) и низкими показаниями метода сопротивления и радиоактивности. При этом алевролиты характеризуются низкими ПС, КС и ГК, при увеличении глинистости разреза наблюдается повышение значений КС и ГК.

Интервал на глубине 176-246м отличается высокой для скважины 108 радиоактивностью (ГК до 14-15 мкР/ч), совпадающей с повышениями показаний ПС и понижениями сопротивления (менее 1 Ом). Интервал самый аномальный в разрезе по ГК и КС. Он вмещает крепко сцементированную и сыпучую руду, разделяющий их два прослоя глин и оолитового песчаника. Эта часть интервала характеризуется резко неоднородным поведением всех трех геофизических параметров, при этом показания КС и ПС на глубину в целом понижаются, а ГК – растут. Перекрывает руды относительно однородный (по геофизическим показателям) пласт переслаивающихся песка и глин с повышенными значениями ПС и ГК и пониженными КС. по всему интервалу соотношения ГК и КС всегда обратные. В верхней части интервала положительно коррелируется с ГК и отрицательно с КС, что обычно для песчано-глинистого разреза. В нижней части интервала это правило нарушается.

Таким образом, рудный интервал разреза отличается аномально низкими сопротивлениями, аномально высокой (для разреза) радиоактивностью, нарушением типичных связей показаний ПС с другими геофизическими параметрами.

Судя по соотношению показаний ПС и ГК по разрезу, радиоактивность рудного интервала имеет наложенную природу.

Разрез скважины 127 (рис.3) от разреза скважины 108 отличается:

- Более высокой и более неоднородной радиоактивностью. Показания ГК изменяются от 4 до 90 и более мкР/ч.

- Более высоким и более неоднородным сопротивлением. Показатели Кс изменяются от 4 до 140 Ом.

- Более песчанистым (менее глинистым) разрезом.

- Наличием двух интервалов повышенной радиоактивности, в верхней (10-35 м) и нижней (130-238м). В последнем случае он совпадает с рудным интервалом. Верхний интервал протягивается практически по всей

площади участка и литологически приурочен к серым, серо-голубым глинам с включениями древесных остатков, интерпертируемых как древние погребённые почвы.

Состав железных руд весьма разнообразен. Руды представлены бурыми сцементированными и рыхлыми оолитовыми гётит-гидрогётитовыми железняками, зеленовато-серыми глинисто-хлоритовыми микролитовыми и темно-бурыми переходными типами. Наблюдается вторичная минерализация в виде гнезд карбонатов в железистых оолитах.

Исследования руд из интервалов с повышенной радиоактивностью методом осколочной радиографии показали, что в рудах присутствуют радиоактивные элементы в двух формах – рассеянной и в форме собственных радиоактивных минералов.

По данным, электронной микроскопии (Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой), определён вещественный состав элементов – примесей в рудах. В них отмечают La, Nd, V, Co, Zr, Th, P и др. Основная часть фосфора находится в виде примеси по зонам роста оолитов гидрогётита. Иногда он образует собственную минеральную форму – редкоземельный минерал куларит – (Ce,La,Nd,Th)PO<sub>4</sub>.

Такое распределение фосфора и редких земель необходимо учитывать при выборе технологии переработки бакчарских руд.

В единичных случаях обнаружены минералы урана, хотя они могут иметь кластогенную или техногенную природу.

## **НОВЕЙШИЙ ЭТАП В ЭВОЛЮЦИИ СИНЕГОРСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)**

**А.А. Коковкин**

*ФГБУН ИТиГ ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия*

Структура **Синегорской рудно-магматической системы (СРМС)** – одна из наиболее изученных на юге Дальнего Востока России. Сведения по ней были обобщены в ее комплексной эволюционной модели [Коковкин,1991]. Позднее эта модель была скорректирована в соответствии с разрабатываемой автором региональной моделью, а ее новейший блок дополнен маршрутными наблюдениями. СРМС с редкометалльным, полиметаллическим, германиевым и урановым оруденением Вознесенского и Синегорского рудных районов расположена на активной окраине Азии, на юго-западе Ханкайского массива – реликтового блока протоплатформы в байкальско-герцинской структуре Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП), преобразованного структурой мезозойско-кайнозойского Тихоокеанского пояса. Такая

позиция СРМС сама по себе предполагает ее длительную и непростую эволюцию с многообразием **новейших** (эоцен-голоценовых), тесно взаимосвязанных процессов и событий. Новейшая сдвиг-надвиговая тектоника и сейсмотектоника, трапповый магматизм, осадкообразование, эрозия и процессы эпигенеза определили характер трансформаций более раннего структурно-металлогенического плана Синегорской РМС и особенности ее новейшего рудогенеза.

**Докаледонский фундамент**, на котором развивалась структура Синегорская РМС, сформирован на субстрате протоплатформы. В **кембрии – ордовике** на востоке Азии был образован *Центрально-Азиатский подвижный пояс*, насыщенный реликтовыми блоками протоплатформы, в числе которых оказалась и структура Ханкайского массива. В конце данного этапа была сформирована структура *Приханкайского свода* (ПХС) с очагом гранитообразования в его основании. В **силуре**, в результате усиления регионального сжатия, произошла активизация гранитного очага с формированием кольцевого гранитного батолита с массивами щелочных лейкогранитов (вознесенский, куйбышевский комплексы) в его внутренней части. С этого времени Синегорская рудно-магматическая система и начала свое существование в качестве самостоятельного металлогенического объекта. С упомянутыми массивами лейкогранитов связано развитие локальных РМС, продуцировавших полиэлементное оруденение Вознесенского района.

В **девон-пермское время** Приханкайский свод был эродирован с препарацией батолитового кольца и локальных массивов в его внутренней части. Произшедшая затем активизация ЦАПП активизировала, в свою очередь, структуру ПХС с очагом гранитообразования и привела к расколу апикальной части свода с развитием рифтогенеза. В результате, во внутренней части батолита, на эродированной поверхности ПХС и гранитов была образована система вулканотектонических структур с породами специализированной на уран андезит-трахириолитовой формации. С их развитием связано появление локальных *герцинских* рудно-магматических систем уранового профиля.

**На границе триас-юра** ход эволюции Синегорской РМС резко изменился. С этого времени ее структура стала развиваться под определяющим влиянием Тихоокеанского подвижного пояса (ТОПП). В **позднем мелу – палеоцене** на окраине Азии в магматогенном режиме активно развивался орогенез. В начале этапа на северо-востоке СРМС по северо-восточной зоне Синегорского разлома внедрилась одноименная трещинная интрузия гранодиоритов. Внедрение сопровождалось метаморфизмом вмещающих ее образований и формированием конформной этой интрузии горст-антиклинали. Большую часть **палеоцена** структура СРМС продолжала развиваться в орогенном режиме, но уже с заметно пониженной тектономагматической активностью. В условиях гумидного климата она была подвержена масштабной эрозии, в динамичном равновесии с которой формировались площадные и линейные коры выветривания (КВ).

Характер *новейшей* эволюции СРМС определило воздействие на нее синхронно развивающихся структур Амуро-Ханкайского рифтогена (АХР) и Сихотэ-Алинского орогена (САО), а на этом фоне – плиоцен-четвертичная планетарная активизация, проходившая на мантийном уровне, с проявлением траппового магматизма. Более ранняя структура СРМС была перекрыта осадками АХР и платобазальтами, трансформирована новейшей сдвижно-надвиговой тектоникой САО с вертикальной амплитудой до 4км и эродирована. В пределах САО уровень эрозионного среза наращивается к северо-востоку (с повышением активности орогена) до 3.5км. Активность *современной* сейсмогеодинамики СРМС выражена в «раскрытом» характере разломов Эхилкан-Ханкайской и Синегорской зон, также в насыщенности этих зон сейсмодислокациями.

С завершающими фазами плиоцен-четвертичной активизации в осадках новейших впадин и в активизированных структурах их фундамента связано развитие очагов *низкотемпературного аргиллизитового метасоматоза с рудообразующими системами уран-полиэлементной специализации*, сформировавших Павловское и Раковское месторождения германия, Раковское урановое месторождение, ряд рудопроявлений и многочисленные аномалии. В состав их оруденения, кроме урана и германия, входит целый ряд других элементов: Мо, W, РЗЭ, F, ЭПГ и др. Оруденение Раковской, Вадимовской, Поисковой и Павловской впадин рассматривается автором как результат перераспределения новейшими гидротермами «слепого» (локализованного в докайнозойском фундаменте) каледонского (редкоземельного, полиметаллического) и герцинского (уранового) оруденения. Это создает возможность существенного расширения перспектив рудоносности СРМС.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НОВЕЙШЕЙ ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НАМИБИИ: РИФТОГЕНЕЗ, ОРОГЕНЕЗ, ДЕФЛЯЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ, МЕТЕОРИТНАЯ БОМБАРДИРОВКА, ЭПИГЕНЕЗ, РУДОГЕНЕЗ**

**А.А. Коковкин**

*ФГБУН ИГиГ ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия*

Намибия, страна юго-западной Африки, вытянута вдоль Атлантики на 1500км. Атлантика во многом и определила особенности ее геологической структуры. По сложившимся представлениям, Атлантический океан начал раскрываться с конца триаса – начала юры, примерно 200млн лет назад. Раскрытие проходило с омоложением к югу и продолжается до настоящего времени. Рассматриваемая здесь новейшая (эоцен-голоценовая) окраинно-континентальная структура Намибии является, по сути, одним из результатов



взаимодействия Африканского континента с расширяющейся плюмовой системой Атлантики на самом позднем этапе их развития. В 2012г автор провел исследование этой структуры с проработкой обширного картографического и литературного материала по геологии, геофизике, гидрогеологии и металлогении, с дешифрированием космо-снимков и значительным объемом маршрутных наблюдений. На основе этих работ и была сформирована представляемая здесь модель.

Геология Намибии выражена на современной поверхности интерферируемым набором структур, формаций и пород с возрастом от архея и протерозоя до плейстоцена и голоцена. На севере и юге сохранились *фрагменты древних кратонов* (Ангола и Калахари, соответственно). В центре находится крупный фрагмент разделяющего эти кратоны *протерозой–палеозойского складчатого пояса Дамара*, имеющего северо-восточную ориентировку. На них наложена субмеридиональная структура *позднепалеозойско-мезозойского пояса Каоко* с породами формации «кагоо» («кару») и более поздними (нижнемеловыми) базальтоидами «этендека». В конце мела здесь внедрилась серия кольцевых гранитоидных интрузий. В *позднем мелу – палеоцене* структура Намибии развивалась в режиме орогенного поднятия с общим снижением тектоно-магматической активности. Влажный тропический климат способствовал формированию здесь латеритных кор выветривания.

На этом сложно построенном докайнозойском субстрате и была сформирована новейшая структура, представленная динамично развивающейся **рифтогенно-орогенной триадой** (РОТ) с Центрально-Намибийским орогеном (ЦНО) в центре, Западно- и Восточно-Намибийским рифтогенами – в ее краевых частях. В развитии РОТ достаточно уверенно выделяются два основных этапа: ранний (эоцен-четвертичный) и суперновейший (плейстоцен-голоценовый). На **раннем** этапе под контролем сдвиговой тектоники были сформированы все основные элементы РОТ. В структуре орогена в это время активно развивались эрозионные процессы, а в рифтогенах накапливались осадки формации «калахари». В **плейстоцене – голоцене** под действием очередного импульса расширения Атлантики структура РОТ (в первую очередь, структура ЦНО) была дополнительно активизирована. Рифтогены и палеодолины на их бортах были при этом деформированы сдвиговой тектоникой, выведены из седиментации и приобрели отчетливо реликтовый облик. В условиях усиления аридизации климата (со смещением ее пика к юго-западу) развивалась масштабная **дефляция с выравниванием рельефа и формированием массивов дюн**. В это же время территория юго-западной Африки была подвержена масштабной **метеоритной бомбардировке**. Следы этой бомбардировки сохранились в виде астроблем Швайнг и Роттер-Камм, ареала метеоритного «дождя» Гибсон с общим весом его «капель» 15т и метеорита Хоба – самого крупного из найденных на планете метеоритов (60т). Дополнить эти следы может выделенная автором кольцевая астроблема Мессум Кратер диаметром около

20км. Ее кратер (диаметр 10км) обрамлен двойным сегментированным кольцом внешних поднятий, взброшенных с амплитудой до 400м, со взломом плейстоцен-голоценового пенеплена. Внутри кратера находится более локальное полукольцо внутренних поднятий, сложенных гранитами Дамары и перекрытых импактным шлейфом глыб габбро-диабазов «кару».

Особое внимание при проведении исследований было уделено *калькрете*. Это суперновейшее эпигенетическое приповерхностное образование преимущественно кальцитового состава распространено по всей территории Намибии в виде крупных (площадью до 1000км<sup>2</sup> и более) ареалов, в основном, в рифтогенах и палеодолинах, прорабатывая их осадки на глубину до 100м и более, и отличаясь при этом широким разнообразием текстур – от «теневых» до массивных и брекчиевых. Выполненный анализ позиции калькреты в структуре РОТ, ее взаимосвязей с тектоникой, с процессами эрозии и дюнообразования позволяет с высокой долей уверенности утверждать, что она является производной *низкотемпературного гидротермального метасоматоза*. Тыловая подзона этого процесса характеризуется преимущественно карбонатным составом изменений (до кремнисто-карбонатного в наиболее крупных очагах). В передовой зоне состав изменений может меняться до гидрослюдисто-карбонатного. Поражает масштабность этого импульсного, по сути, процесса, развивающегося по новейшим нарушениям из фундамента в осадки «калахарии», с выбросом углекислых растворов на поверхность – в том числе, и за контуры впадин и палеодолин. Гидротермальная модель калькреты открывает возможность новых подходов к поискам тесно связанного с ней *гидрогенного уранового рудогенеза*, проявленного в Намибии в основном в реликтах новейших палеодолин в районе Россинга. Смена прежней экзогенной модели этого рудообразующего процесса на модель гидротермальную создает возможность формирования принципиально новой прогнозно-поисковой модели, значительно расширяющей перспективы «гидрогенной» ураноносности.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЯМР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ГИДРОГЕННОГО ТИПА**

**И.Я. Кононенко**

*ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем», г. Москва, Россия*

Продуктивные месторождения урана, разрабатываемые путем подземного выщелачивания приурочены в основном к терригенным слабосцементированным, зачастую рыхлым породам. Генетические и литолого-структурные особенности ураноносных отложений

обуславливают сложные формы содержания и распределения урана. Это предопределяет сложность геологоразведочных работ на уран, особенно геофизических и петрофизических исследований таких отложений в качестве геоинформационной основы разработки продуктивной залежи с подземным выщелачиванием.

Эффективность применяемых в настоящее время методов исследований образцов каменного и флюидного материала ограничена. Это связано в основном с их значительной трудоемкостью, длительностью и необходимостью специальной пробоподготовки. Поэтому петрофизические исследования проводятся обычно в специализированных центрах и получаемые данные не могут использоваться для оперативной оценки фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) перспективных ураноносных отложений. Обычно исследуются образцы пород правильной формы и стандартного размера. Ограниченный объем проводимых петрофизических исследований кроме оценки среднего значения параметра по объекту не позволяет получать данные о ФЕС отдельных пластов и пропластков.

Для повышения эффективности петрофизических исследований необходимо изучать весь каменный материал непосредственно в полевых условиях с помощью современных физических методов. Одним из наиболее эффективных методов определения ФЕС пород является ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Метод ЯМР позволяет непосредственно определять пористость горной породы независимо от ее литологии, поскольку измеряемые эффекты прямо связаны с поровым флюидом. Основной особенностью ЯМР исследований горных пород является уникальная чувствительность на молекулярном уровне к подвижности жидкости, содержащейся в поровом пространстве. На этой основе определяются фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) продуктивных коллекторов, в том числе естественная влажность, открытая и эффективная пористость, коэффициент фильтрации, глинистость и вещественный состав глин, гидрофильность.

Поскольку результаты ЯМР анализа не зависят от формы образцов пород, для петрофизических исследований может использоваться весь поступающий на устье скважины каменный материал: керн, монолиты, фрагменты керна и шлам. Отобранные образцы могут исследоваться в исходном состоянии без специальной подготовки.

Получаемые данные ЯМР исследований позволяют решать основные геологические задачи при проведении разведки и разработки урановых месторождений с подземным выщелачиванием:

- получать оперативную информацию для петрофизического обеспечения интерпретации результатов промысловой геофизики с целью выделения проницаемых и непроницаемых пород;
- определять фильтрационно-емкостные свойства, в том числе коэффициент фильтрации и неоднородность структуры порового

пространства перспективных ураноносных отложений и качество ураносодержащих пластов, отделяющих их от грунтовых вод:

- обеспечивать получение геолого-геофизической информации для построения геологической модели, необходимой для проекта разработки месторождения урана.

Все это позволяет оптимизировать геологоразведочные работы и сократить затраты на их проведение.

Эффективность петрофизических ЯМР исследований горных пород и флюидов для решения геолого-геофизических задач гидрогенных рудных месторождений, разрабатываемых с использованием подземного выщелачивания, была показана на опыте работ на месторождениях урана Таджикистана и Узбекистана.

Накопленный опыт проведенных работ позволил ВНИИгеосистем совместно с Ленинабадским горно-химическим комбинатом (ГХК) создать и утвердить руководство по применению *технологии петрофизических ядерно-магнитных исследований гидрогенных месторождений урана с подземным выщелачиванием.*

## **ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РИФЕЙСКИХ ИЗВЕСТНЯКАХ БЕРЕЗОВСКОГО ПРОГИБА (ЧАРСКИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН)**

**А.Д. Коноплев<sup>1</sup>, О.В. Авилова<sup>2</sup>, Г.А. Тарханова<sup>1</sup>,  
В.А. Кусов<sup>3</sup>, И.М. Ткаченко<sup>3</sup>, С.Г. Стародубцев<sup>3</sup>**

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – ФГУП «ЦНИГРИ», г. Москва, Россия*

*3 – ООО НТП «Сосновгеос», г. Иркутск, Россия*

Чарский потенциально урановорудный район расположен на стыке Нечерского поднятия, сложенного раннепротерозойскими гранит-метаморфическими комплексами пород Байкальской складчатой области, архейской Чарской глыбы Алданского щита и Березовского перикратонного прогиба Сибирской платформы, выполненного рифейско-нижнепалеозойскими терригенно-карбонатными платформенными отложениями, залегающими на реликтах коры выветривания.

Породы фундамента в обрамлении прогиба обогащены ураном в результате проявления процессов гранитизации, сопровождавшихся кремнещелочным метасоматозом, грейзенизации и пропилитизации. Они характеризуются вариациями средних содержаний урана от 3,8г/т в метаморфических комплексах до 8,5г/т в гранитоидах Нечерского и Ничатского поднятий. В зонах гидротермально-метасоматических изменений содержания увеличиваются в 3 раза и более. Кроме того, в фундаменте

выявлены раннерифейские – раннепротерозойские (1,4-1,9млрд.лет) гнездовые скопления уранинита и Mo-U, P-P3Э-U рудопроявления. Геохимическая специализация пород фундамента в области питания морского бассейна осадконакопления и корообразование обусловили обогащение сингенетическими концентрациями урана до 0,00n% верхнерифейских карбонатных отложений торгинской свиты, в которых АГС-съемкой (1959г) и наземными работами выявлены рудопроявления (Александровское, Озерное) и многочисленные аномалии (№ 5,21 и другие).

Проведенными авторами геолого-геофизическими, атмогеохимическими и горно-буровыми работами на Александровском рудопроявлении, установлено, что рудные тела пластово-линзовидные, кулисообразно располагаются в разрезе согласно слоистости. Они характеризуются мощностью 0,1-2,9м, содержаниями урана от 0,01% до 0,038% и локализованы в карбонатных породах с повышенной восстанавливающей способностью за счет их обогащения органическим веществом и антраксолитом. Максимальная мощность рудной пачки, объединяющей несколько сближенных рудных тел 8,2м, при  $C_{CP}$  урана 0,01%. В плане рудный пласт образует эллипсовидную залежь, вытянутую на 2 км при ширине 200-400м с падением на северо-запад под углом 5-10°.

Минералого-петрографическими исследованиями установлено, что урановые минералы представлены колломорфными, тонкодисперсными, кубическими оксидами урана размером до первых микрон, реже тонкодисперсными и призматическими коффинитами. Урановая минерализация приурочена к темно-серым известнякам, в том числе к онколитам и другим разновидностям водорослевых остатков, обогащенным органическим веществом, к отдельным выделениям антраксолита и битумов, к дисульфидам железа и к сутуро-стилолитовым швам. Возраст настурана из антраксолита и других рудных проб, определенный кинетическим термо-изохронным Pb-Pb методом – 750 млн.лет (при вариациях 1-0,6 млрд. лет), что близко ко времени формирования отложений торгинской свиты. В процессе жизнедеятельности сине-зеленых водорослей происходило образование углеродистых соединений, способных сорбировать уран и полиметаллы из иловых вод, а так же осаждался доломит и высокомагнезиальный кальцит. Основные преобразования органического вещества водорослевых клеток начинались на стадии диагенеза. В этот период происходила кристаллизация доломита, сульфидов железа, цинка, меди и образовывался антраксолит за счет удаления легких летучих компонентов (Н.М.Страхов). В восстановительной обстановке на стадии диагенеза осадков происходило осаждение сульфидов железа, меди, свинца, цинка и собственно урана. В связи с этим, в известняках с  $C_U = 0.000n\%$ , обедненных органическим веществом, отсутствует корреляция урана с другими элементами, а в рудных интервалах ( $C_U$  более 0,01%) уран обнаруживает положительную корреляционную связь с Pb, Zn, V, Cr, S, Rb, P.

Таким образом, урановые рудопроявления в известняках торгинской свиты сформировались в результате диагенетического перераспределения сингенетических концентраций урана. Близкую точку зрения высказывали ранее геологи Сосновской экспедиции (А.М. Бильтаев и др,1960) и ВСЕГЕИ (Билибина и др,1961) Авторами, на основании детальных исследований, установлено, что признаки гидротермальных преобразований пород и геохимическая зональность, характерная для гидротермальных месторождений, отсутствуют.

Прогнозные ресурсы Александровского рудопроявления оценены по  $R_1$  – 4,9 тыс.т. при бортовом  $C_U$  0,01%. Лабораторные геотехнологические испытания по выщелачиванию урана не показали положительных результатов – его содержания в растворе, в основном, менее 10-12 мг/л, а извлечение, как правило, ниже 40%, что обосновывает отрицательную оценку объекта. Изучение урановых проявлений на аномалиях № 5,21, на участках Бестях, Делиндэ, привело к заключению об их сходстве с Александровским рудопоявлением и, соответственно, о нецелесообразности дальнейших ГРР на объектах данного геолого-генетического типа уранового оруденения в Березовском прогибе.

## **ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ РУДНЫХ УЗЛОВ – ПОЛЕЙ СО СКРЫТЫМИ ЭНДОГЕННЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ И ОЦЕНКА ЕЕ ПРОЯВЛЕННОСТИ В УРУЛЮНГУЕВСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ**

**А.Д. Коноплев<sup>1</sup>, Ю.А. Хижняков<sup>1</sup>, В.А. Коноплев<sup>1</sup>,  
Г.Д. Павлович<sup>2</sup>, А.В. Петров<sup>2</sup>, Е.И. Зубов<sup>3</sup>, И.И. Царук<sup>4</sup>,  
Д.А. Самович<sup>4</sup>, Л.П. Ищукова<sup>5</sup>, А.И. Брель<sup>5</sup>, А.Д. Кондратюкин<sup>5</sup>**

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – РГГРУ-МГРИ, г. Москва, Россия*

*3 – ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика», г. Санкт-Петербург, Россия*

*4 – ФГУПП «Урангео», г. Москва, Россия*

*5 – ФГУПП «Читагеологоразведка», г. Чита, Россия*

Со времени открытия Аргунского месторождения в 1979г, в России не было выявлено ни одного эндогенного месторождения урана, что обусловлено, во-первых, высокой степенью опосредованности поверхности территории РФ Первым ГГУ, массовыми поисками и исчерпанием фонда легко открываемых объектов, во-вторых, несовершенством глубинного прогноза. Существующая методика поисков, основанная на регистрации радиоактивного излучения в приповерхностной обстановке и на применении прогнозно-поисковых комплексов месторождений ведущих

геолого-промышленных типов, оказалась неэффективной для выявления скрытых урановых руд.

На примере Центрально-Алданского и Приаргунского районов в ВИМСе разработана иная методология поисков и безаналоговая геолого-поисковая модель рудных узлов и полей со скрытыми эндогенными месторождениями. В ее основу положено выделение и картирование рудогенерирующих систем в геохимически специализированных на уран блоках фундамента с телескопированным проявлением разновозрастных гидротермально-метасоматических процессов в крупных структурах, комплексная оценка перспектив эндогенного рудообразования в них, с последующей оценкой проявленности поисковых критериев эталонных урановых объектов.

*Структуры ранга рудных узлов, перспективных для выявления скрытых эндогенных месторождений, выделяются на основе обработки геолого-геофизических, аэрогеофизических материалов масштаба 1:200000-1:50000 и объемного моделирования по следующим факторам:*

Проявленность рудогенерирующих систем, включающих:

1. Крупные долгоживущие магматические очаги, фиксирующиеся на глубине 30-60км или относительно небольшие, магматические камеры на глубине 10-30км, выделяющиеся по объемным аномалиям относительных гравитационных минимумов в радиогеохимически специализированных геоблоках ранней консолидации с интенсивным проявлением региональной гранитизации и постгранитизационных кремнещелочных метасоматитов, грейзенизации, пропилитизации на щитах платформ и в подвижных складчатых поясах.

2. Каналы, прослеживающиеся от магматических очагов и камер к поверхности и выделяющиеся в разрезе по узким вертикальным зонам относительных гравитационных минимумов, которые могут являются путями концентрированного массопереноса термальными растворами рудного вещества, выщелоченного из геохимически специализированных вмещающих пород или поступившего из магматического центра.

3. Крупные структуры разгрузки термальных растворов, к которым, вблизи поверхности, на глубине менее 1-2км подходят каналы массопереноса в областях привноса урана, фиксирующихся аэроаэрогеохимическим картированием:

– вулканотектонические депрессии, приразломные впадины, расположенные в областях сочленения разно ориентированных систем глубинных разломов, устанавливаемых по осям аномалий и осям градиентов региональной компоненты гравитационного поля;

- зоны границ раздела геологических блоков фундамента с различными физико-механическими и геохимическими свойствами;

- мощные зоны объемной трещиноватости, катаклаза, бластомилонитов, оперяющие глубинные разломы в породах фундамента или в вулканогенно-осадочных толщах, к которым приурочены каналы

концентрированного массапереноса, маркирующиеся в плане полями локальных аномалий относительных гравитационных минимумов.

*Площади ранга рудного поля выделяются в областях структур разгрузки рудогенерирующих систем на основе обработки геолого-геофизических, аэрогеофизических материалов масштаба 1:25000-1:10000, объемного моделирования и оценки проявленности комплекса признаков, характеризующих перспективные, для локализации эндогенного оруденения, геолого-структурные обстановки, к которым относятся:*

- поля концентрации локальных гравитационных минимумов в приповерхностной обстановке над крупными магматическими очагами или относительно небольшими магматическими камерами;

- линейные или объемные зоны катаклаза, брекчирования, трещиноватости, площадью 0,3-0,5км<sup>2</sup>, оперяющие глубинные разломы, «трубообразные» зоны брекчий размером в плане 3-15км<sup>2</sup>, над которыми выявлены аномалии радиоактивных газов (<sup>222</sup>Rn) и продуктов их распада (<sup>210</sup>Po и <sup>210</sup>Pb);

- объемные или линейные ореолы интенсивных гидротермально-метасоматических изменений кислотной или щелочной стадий – зоны альбититов, эйситов, гумбеитов, ураноносных березитов, аргиллизитов, в пределах которых проявлена латеральная и вертикальная минералого-геохимическая зональность гидротермальных месторождений;

- очаги привноса урана, окруженные зонами его выноса, выделяющиеся при аэрорадиогеохимическом картировании по технологии «АРК»;

- участки потери корреляции между полем силы тяжести и магнитным, выявляющиеся при совместной обработке исходных данных (или карт) гравиметрической и магнитной съемок и объемном моделировании с применением компьютерной технологии «КОСКАД-3D»;

- локальные объемные или линейные зоны пониженного электрического сопротивления, которые могут быть обусловлены интенсивной гидротермально-метасоматической каолинизацией, монтмориллонитизацией или гидрослюдизацией;

- породные комплексы, с резко гетерогенным по физико-механическим свойствам разрезом;

- зоны углеродсодержащих или битум- и нефтесодержащих пород.

*На заключительном этапе выделения геоструктур ранга рудных узлов – полей, перспективных для выявления скрытых эндогенных месторождений, оценивается проявленность геолого-поисковых моделей эталонных урановых месторождений.*

Обработка материалов аэрогамма-спектрометрической съемки, геолого-геофизических работ масштаба 1:200000 – 1:25000 и построение нескольких объемных геофизических моделей глубиной от 1,5 км до 30 км, с применением компьютерной технологии КОСКАД-3D, позволили выделить в Урулюнгуевском районе региональные структуры, к которым



приурочены рудогенерирующие системы, развивающиеся с глубины 10-30 км до поверхности и участки недр, отвечающие приведенной выше геолого-поисковой модели.

Анализ положения осей градиентов по региональной компоненте гравитационного поля, построенных по объемной модели до глубины 30 км, свидетельствует о том, что структурный план Урулюнгуевского района формируют глубинные линейные и кольцевые зоны разломов: Северо-Урулюнгуевская, Южно-Аргунская, непротяженная Восточно-Урулюнгуевская линейные зоны северо-восточного простирания, определяющие положение одноименных впадин, а также крупные по площади кольцевые зоны в западной части района, в области Маргуцекского поднятия, Восточной и Северо-Восточной части Шаманской впадины и в юго-западной – в области Куладжинского купола.

В области сочленения глубинных структур – кольцевой в центральной части района и линейных Восточно-Урулюнгуевских, сформировались меридиональные глубинные разломы, прослеживающиеся от Северо-Урулюнгуевской до Южно-Аргунской зон. Над ними расположены Стрельцовская, Восточно-Шаманская, Екатерининская ВТС, Кир-Киринский массив, южная часть Восточно-Урулюнгуевской впадины. Основные рудогенерирующие системы в Урулюнгуевском районе, выделенные по телескопированию относительных гравитационных минимумов, в частности Урулюнгуевско-Стрельцовская, приурочены к зонам глубинных разломов и к узлам их пересечения.

*По фактору совмещения области привноса урана и рудогенерирующей системы от магматической камеры с глубины 20-25км выделяются следующие площади ранга рудного узла:*

- площадь, объединяющая южную часть Восточно-Урулюнгуевской впадины и Стрельцовскую ВТС;
- площадь в северной части Кличкинского радиогеохимического блока, в области контакта гранитоидов и блоков метаморфических пород, расположенная между Екатерининской, Мулинской ВТС и Кир-Киринским гранитоидным массивом, частично захватывая эти структуры.

*По фактору совмещения области привноса урана и рудогенерирующей системы от магматической камеры с глубины 15км, выделяется следующие площади ранга рудного узла:*

- площадь в северной части Шаманской ВТС, южнее Родниковой зоны;
- площадь в северо-восточной части Восточно-Урулюнгуевской впадины, на ее южной границе с гранит-метаморфическим обрамлением, к северу от Досатуевского радиогеохимического блока.

*По фактору развития рудогенерирующих систем от магматических камер с глубины 20-25км, 15км и 10км, расположенных вне областей привноса урана, выделяется группа локальных площадей ранга рудного узла:*

- по периферии Шаманской впадины на границе с обрамляющими ее поднятиями;

- в северной части Абагайтуйской впадины в зоне контакта с гранитоидами;
- в южной части Западно-Урулюнгуевской впадины;
- в южной части Восточно-Урулюнгуевской впадины на контакте с гранит-метаморфическими комплексами пород в ее обрамлении;
- в южной части Куйтунской ВТС.

Кроме того, заслуживает оценки площадь интенсивного привноса урана с магматической камерой на глубине 5 км в северной части Тасуркайского радиогеохимически аномального блока.

*Таким образом,* на территории Урулюнгуевского района, исходя из оценки проявленности разработанной геолого-поисковой модели, выделяется группа новых геолого-структурных обстановок ранга рудного узла, перспективных для выявления скрытых эндогенных месторождений. Первоочередными из них для сбора материалов масштаба 1:50000-1:10000 и планирования ГРП являются: южная часть Восточно-Урулюнгуевской впадины, Кир-Киринская площадь, участок в северной части Шаманской ВТС. Кроме того, целесообразна постановка опережающих работ масштаба 1:10000 с заверочным бурением в северной, слабо изученной части Стрельцовской ВТС и к западу от Юго-Западного месторождения, в области поля вулканитов за пределами кальдеры.

## **НОВЫЙ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТИП ЭКЗОГЕННОГО ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮЖНО- ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)**

**А.Д. Коноплев<sup>1</sup>, О.В. Кутуева<sup>1</sup>, Ю.Н. Лосев<sup>1</sup>,  
В.А. Кусов<sup>2</sup>, И.М. Ткаченко<sup>2</sup>, С.Г. Стародубцев<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – ООО НТП «Сосновгеос», г. Иркутск, Россия*

Сложившаяся на современном этапе критическая ситуация с обеспечением ядерной промышленности природным ураном диктует необходимость активизации ГРП по ряду направлений, одним из которых является создание сырьевой базы для отработки карьером в сочетании с кучным выщелачиванием. Оно реализуется на небольших по ресурсам объектах, в частности, на Щегловском месторождении палеодолинного типа под базальтами. При его доизучении, авторами проведены геологоразведочные работы к западу от него, за пределами рудных залежей, где ранее, при заверке аэроаномалий, выявленных в 1989 году ПГО «Бурятгеология», канавами было вскрыто, но не изучено и не оценено оруденение с содержаниями урана 0,01% – 1,5% на мощность 1,5-3 м.

Радиометрической, эманационной, изотопно-почвенной и шпуровой гамма-съемкой проведенными по сети 100-50 х 25м, выявлены две урановорудные залежи размером в плане порядка 300м х 200м и 500м х 300м. Они прослежены в почвенных и склоновых отложениях от поднятий гранитов, перекрытых базальтами, в долину р. Кадахта. Рудные залежи контролируются небольшими распадками, по которым происходит наиболее активная инфильтрация поверхностно-грунтовых урансодержащих вод. В канавах и шурфах глубиной 2м определено, что оруденение локализуется в черноцветных суглинках почвенного горизонта и в залегающих под ними белоцветных и желтоцветных песчано-дресвяно-глинистых делювиальных отложениях. Последующим бурением по сети 80-100м х 40-60м установлено, что мощность рудных тел варьирует от 2м до 15м, а содержания урана, по данным рентгеноспектрального анализа, от первых тысячных долей процента до 1,4%.

В отличие от руд Щегловского месторождения, характеризующихся возрастом 120 – 10 млн. лет, выявленное близповерхностное оруденение формируется в делювиальных и почвенных отложениях, залегающих на гранитном фундаменте, до настоящего времени. Об этом свидетельствует накопление урана в современном почвенном слое, смещение радиоактивного равновесия в сторону урана ( $K_{pp}$ , как правило, 0,3 – 0,6), вариации отношений  $^{230}\text{Th} / ^{238}\text{U}$  от 0,86 до 5,72,  $^{226}\text{Ra} / ^{238}\text{U}$  – от 0,7 до 3,13,  $^{226}\text{Ra} / ^{230}\text{Th}$  – от 0,46 до 0,89.

Среднее содержание урана в рудной залежи на Северо-Хушидинском рудопроявлении, оконтуренной по  $C_U$  0,01% составляет 0,031%, на Южно-Хушидинском – 0,134%. Сумма редкоземельных элементов, в среднем, варьирует от 0,03% до 0,05%. По данным петрографических, электронномикроскопических, микронзондовых, рентгенофазовых исследований установлено, что руды монтмориллонитовые, существенно карбонатные. Урановая минерализация представлена отенитом. В подчиненном количестве встречается оксид урана (настуран), реже коффинит и нингиоит. Кроме того, уран содержится в полиэлементных Ti-Si-Fe стяжениях, сорбирован на лейкоксенах. Урановые минералы локализованы в межзерновом пространстве, на поверхности обломочных зерен, между чешуек слоистых алюмосиликатов и в карбонатах.

Геотехнологические исследования по оценке применимости кучного выщелачивания к глинистой руде Северо- и Южно-Хушидинских рудопроявлений показали практическую возможность использования данного геотехнологического способа при условии предварительной грануляции руды методом окатывания. В качестве связующего используется серная кислота с последующей сушкой гранул при комнатной температуре, что является важным фактором эффективного использования данного метода в производстве. Установлены оптимальные параметры грануляции: влажность окатываемой массы 30-32%; загрузка концентрированной (93%) серной кислоты 50-75 кг/т; сушка при температуре окружающей среды в

течение 2-3-х суток. Размер гранул – 5-20 мм, прочность при раздавливании 5,5-8,1 кг/гранула. Насыпная масса гранул – 0,95 кг/дм<sup>3</sup>.

При содержании урана более 0,01% получены стабильно высокие технологические показатели – степень извлечения урана 55-100%, среднее содержание урана в растворе 30-1300 мг/л, расход кислоты 130-220 кг/т, при Ж:Т 0,8-3,6. В 3 пробах из 12, в классе содержаний 0,005-0,009%, получено извлечение 50-100%, при среднем содержании в растворе 23-70 мг/л, что свидетельствует о необходимости продолжения исследований по совершенствованию технологии извлечения урана из гранул. При достижении положительных результатов бортовое содержание урана может быть снижено до 0,005% и, соответственно, увеличен ресурсный потенциал объектов.

Таким образом, впервые выявленное в Южно-Витимском урановорудном районе за пределами палеодолин молодое близповерхностное оруденение в почвенном слое и в залегающих под ним делювиальных отложениях открывает новое направление поисков в Республике Бурятия. Можно ожидать находку аналогичных руд в почвенно-делювиальных отложениях в областях склонов поднятий и речных террас, образованных геохимически специализированными на уран породами фундамента (гранитоидами и др.). Благоприятные геолого-структурные обстановки могут быть выделены при анализе материалов АГС-съемки, крупномасштабных морфоструктурных карт по топопланшетам масштаба 1:50 000 и крупнее и опоискованы по изложенной выше методике.

## **ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ЗАЛОЖЕНИЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ**

**С.А. Красных<sup>1</sup>, А.В. Никитин<sup>1</sup>, М.П. Андреева<sup>1</sup>, В.Е. Иванов<sup>2</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «ВНИПИпромтехнологии», г. Москва, Россия*

Вертикальные шахтные стволы отличаются своей уникальностью в производственном комплексе горнодобывающего предприятия.

Изучение инженерно-геологических условий и особенностей района заложения шахтных стволов глубиной до 2000 м в районах развития многолетнемерзлых грунтов было выполнено в период подготовки объекта к эксплуатации.

Методика изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий заложения шахтных стволов глубиной до 2000 м уникальна и имеет ряд особенностей.

Инженерно-геологические условия разреза ствола определяются геологическим строением массива, составом и физико-механическими свойствами пород, пространственным положением участков с ослабленной устойчивостью пород.

Шахтный ствол приурочен к жесткому кристаллическому основанию Эльконского горного массива, несколько ослабленному за счет трещиноватости и серий разрывных нарушений. Слагающие этот комплекс петрографические разновидности весьма близки по своим физико-механическим свойствам.

В геологическом строении принимают участие архейские, архей-мезозойские и мезозойские кристаллические породы: гнейсы, гранито-гнейсы, мигматиты, граниты, микродиориты, брекчии, лампрофиры, метасоматиты и катаклазиты, перекрытые четвертичными отложениями делювиально-элювиального генезиса. Мощность четвертичных образований достигает 75,0 м и породы в основном представлены щебенистыми грунтами с песчаным заполнителем до 5%.

В областях заложения шахтных стволов выделено три инженерно-геологических района:

I район – располагается в пределах водораздельных областей Эльконского горного массива.

II район – располагается в участках плоскогорий.

III район – приурочен к долинам рек и ручьев.

Нормативные значения показателей физико-механических свойств в пределах выделенных инженерно-геологических элементов показывают, что кристаллические породы архея обладают достаточно высокими прочностными свойствами и могут служить основанием для любого вида сооружений. Скальные грунты, очень плотные, в основной своей массе от средне – прочных до очень прочных, от размягчаемых до неразмягчаемых образования, осложненные зонами дробления. Последние выполнены щебенистыми образованиями.

В гидрогеологическом отношении район шахтных стволов характеризуется благоприятными гидрогеологическими условиями. Водопроницаемость пород горного массива изменчива. Значения коэффициента фильтрации водоносных зон и массива пород с глубиной резко падают.

В значительно дезинтегрированном гидрогеологическом трещинно-жильном массиве выделены две условные зоны: зона активного и зона замедленного водообмена. Наиболее проницаемые сильно выветрелые и выветрелые щебенистые и дресвяные образования, характеризуется нормативным значением коэффициента фильтрации в зоне активного водообмена 2,868 м/сут. и в зоне замедленного водообмена – 0,087 м/сут.

По химическому составу подземные воды сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, натриево-кальциевые, в основном не оказывающие агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные

сооружения, обладающие различной коррозионной активностью к металлическим конструкциям в зоне периодического смачивания.

Район расположения шахтных стволов характеризуется высокой сейсмичностью. Начиная с мезозоя и до настоящего времени на Алданском щите происходят интенсивные тектонические движения. К группе неотектонических разрывных нарушений субмеридионального и северо-восточного направлений относятся обводненные зоны катаклаза, дробления и интенсивной трещиноватости мощностью до 2-3 м сопровождающиеся, как правило, зеркалами скольжения и пустотами выщелачивания.

Расчетная сейсмичность составляет 8 баллов.

По степени устойчивости массива грунтов выделены три класса:

I класс – устойчивые грунты;

II класс – грунты средней устойчивости;

III класс – неустойчивые грунты.

Район относительно благоприятен для проведения горно – капитального строительства, но следует учитывать характерные для района высокую степень тектонической проработки горных пород, а также последствия процессов выветривания и возможного проявления горных ударов.

## РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОРИЯ В УКРАИНЕ

**А.В. Кузьмин, А.Х. Бакаржиев**

*КП «Кировгеология», г. Киев, Украина*

Работами, проведенными сотрудниками ИГЕМ до 1960 года было установлено, что имеющиеся на Украине россыпи монацита не могут рассматриваться в качестве надежной сырьевой базы. Эта база может быть создана лишь на основе выявления эндогенных месторождений в породах фундамента Украинского щита.

Всего при систематизации учтены 1372 Th-проявления, в том числе 184 рудопроявления.

УЩ рассматривается как Th-носная металлогеническая провинция. В ее пределах выделены 3 Th-носные металлогенические зоны (3650 – 14000 кв. км), контролируемые шовными зонами, и 2 металлогенические области (9400 и 12600 кв. км), контролируемые мантийными диапирами. Общая их площадь составила 47 150 кв. км или 23,6 % территории щита. В их пределах выделены 4 потенциально Th-рудных района и 18 потенциально рудных узлов и зон. 8 площадей в этом ранге выделены за их пределами. Общая площадь этих таксонов составила 14400 кв. км или 7,1 % территории щита. В пределах каждой площади преобладает оруденение определенного генетического подтипа, а сами площади имеют структурный контроль.

В пределах УЩ известно значительное количество эндогенных U месторождений и рудопроявлений нескольких генетических типов, а для всей территории определены ресурсы U категории РЗ. Металлогенический потенциал Th определялся в пределах потенциально Th-рудных районов, зон и узлов с использованием данных по площадной продуктивности U оруденения определенных генетических типов (подтипов) в породах соответствующих таксонов и внесением в них корректив в зависимости от уровней среднего содержания Th в рудопроявлениях. За исходное при расчетах взято наиболее распространенное на УЩ гидротермальное U оруденение, которое как и Th, отнесено к 2 подтипам – связанное с активизационными процессами в земной коре и заключенное в приразломных Na метасоматитах, имеющих мантийный источник. Среднее содержание U на месторождениях этого типа вполне сопоставимо со средним содержанием Th на рудопроявлениях. Определившаяся продуктивность с учетом среднего содержания на рудопроявлениях была использована и для определения метасоматического потенциала Th в пределах площадей с преимущественным развитием оруденения, обусловленного глубинными флюидизатами и связанного с образованиями габбро-сиенитовой формации. Возможность такого подхода подтверждается в частности полным совпадением средних содержаний Th на рудопроявлениях гидротермального типа и обусловленных глубинными флюидизатами.

Общая оценка количества Th составила 251,7 тыс.т, в том числе: на площадях преимущественного развития оруденения магматического, связанного с щелочными интрузиями, генетического типа 37,0 тыс.т (14,7 %); метасоматического – 150,5 тыс.т (59,8 %); гидротермального – 54,0 тыс.т (21,4 %); терригенно-кластогенного – 10,2 тыс.т (4,1 %). Это количество следует считать минимальным возможным.

К более перспективным отнесены 15 площадей с потенциалом Th 109,5 тыс.т (43,5 %). При этом учитывались генетический подтип оруденения и уровень концентрации Th в рудопроявлениях.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНО-ТЕМАТИЧЕСКИХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАН В УЗБЕКИСТАНЕ**

**В.П. Купченко, А.И. Рустамов, М. Ахмедов, Х.Х. Оловов**  
*ГП «Комплексная ГСПЭ» Госкомгеологии Республики Узбекистан,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Современное состояние сырьевой базы уранодобывающих предприятий Республики Узбекистан оценивается как удовлетворительное. Уран относится к стратегически важнейшим видам добываемых полезных

ископаемых и расширение его ресурсной базы является приоритетным для геологической отрасли республики.

В настоящее время в целях обеспечения опережающего прироста промышленных запасов при ежегодном увеличении добычи урана, Госкомгеологии Республики Узбекистан осуществляет прогнозно-тематические исследования и опережающие поиски на перспективных площадях по выявлению как традиционных, так и нетрадиционных для республики типов урановых месторождений.

К традиционным для Узбекистана типам относятся месторождения урана хорошо известных «песчаникового» и «черносланцевого» промышленно-генетических типов. Рудные тела первого типа месторождений локализируются в проницаемых песчаных горизонтах мелового и палеогенового возраста на восстановительных барьерах зон пластового окисления (ЗПО), формируемых нисходящим потоком пластовых вод. Руды месторождений «черносланцевого» типа полигенные, образовались в докембрийско(?) - раннепалеозойских углеродисто-кремнистых сланцах, обогащённых сингенетическим ураном в результате наложения метаморфогенных, а затем многоэтапных окислительных процессов. Разведанные месторождения этого типа пока не введены в эксплуатацию и составляют резерв минерально-сырьевой базы урана республики.

Основные разведанные запасы и выявленные прогнозные ресурсы урана сосредоточены в Центрально-Кызылкумской урановорудной провинции (ЦКУРП). В её пределах, в соответствии со структурой горнодобывающего предприятия – Навоийского ГМК – выделены 3 урановорудных района (УРР): Букантауский, Нуратинский и Зирабулак-Зиаэтдинский.

Прогнозирование урановых месторождений выполняется, в основном, на основе анализа результатов комплексного изучения разреза палеозоя и кайнозоя на всей территории республики. Основой являются материалы, полученные в результате выполнения специализированного поискового и разведочного колонкового бурения. Всего в период с 1951 по 2012г. было пробурено 25424,9 тыс. п.м, в том числе с 1991г – 4535,8 тыс. п.м. Большое значение уделяется прогнозированию месторождений не традиционных для территории Узбекистана типов. За 2011-2012 г.г. во всех трёх урановорудных районах выделены перспективные площади на гидрогенно-эпигенетический (плиоцен-четвертичный и меловой возраст руд) в отложениях всех горизонтов мезозоя и кайнозоя, а также черносланцевый и скарновый (формации докембрия(?), нижнего и верхнего палеозоя) типы уранового оруденения.

Опережающие специализированные поисковые работы сосредоточены в ЦКУРП и проводятся в пределах всех трёх УРР с нарастающим объемом колонкового бурения. Так, в 2013г. объем буровых работ по отложениям мезозоя и кайнозоя увеличится в 2 раза по сравнению с предыдущим годом. Основные силы направлены на



обнаружение гидрогенно-эпигенетических экзогенных месторождений урана в меловых и палеогеновых первично сероцветных отложениях руслового и прибрежно-морского генезиса. Выполнен значительный объем канав при поисках черносланцевых и скарновых руд. Прделанные объемы работ позволили выявить и оконтурить урановородные тела промышленных параметров на всех изучаемых перспективных площадях.

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗОЛОТУРАНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО РАЙОНА**

**А.В. Курков, К.М. Смирнов, В.А. Пеганов**  
*ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

Комплексность состава характерна для урансодержащих руд России. В настоящее время ведутся работы по созданию Эльконского Горно-Металлургического Комбината на базе крупнейшего по запасам Эльконского урановородного района. Урановые месторождения этого района, представляют собой основную резервную базу уранового сырья в России. Руды этих месторождений упорны в технологическом отношении. Они трудно вскрываемы и обладают повышенной кислотоемкостью. Для руд Эльконского рудного поля, которые содержат благородные металлы, редкоземельные элементы, ванадий, молибден, рений, трудно-вскрываемые минералы урана необходимость глубокая переработка становится необходимой для решения вопросов максимального извлечения всех ценных компонентов в товарную продукцию для обеспечения минимальной себестоимости урановой продукции в сложных горно-геологических и климатических условиях. При этом важнейшей задачей является создание интегрированного производства, осуществляющего весь процесс – от добычи сырья до выпуска конечной высокотехнологичной товарной продукции.

В последнее время во ВНИИХТе разрабатывается прорывная технология глубокой переработки руд, включающая энергоэффективные методы рудоподготовки, первичного обогащения руд с выводом в хвосты на ранней стадии процесса части материала без его тонкого измельчения, концентрирование ценных компонентов и упорных составляющих руды, рациональное применение процессов атмосферного и автоклавного выщелачивания, сорбционное и экстракционное извлечение всех металлов с переводом их в высокотехнологичную товарную продукцию.

Для рационального построения всей технологии показана возможность получения флотационного уранового золотосульфидного продукта с извлечением золота на уровне 90%, разделения урановых руд на фракции различной кислотоемкости с получением наряду с

золотосульфидным продуктом карбонатно-редкоземельного и силикатного урановых продуктов. Установлено концентрирование сопутствующих элементов: скандия, ванадия, редкоземельных элементов. Из молибденсодержащих руд молибден извлекается вместе с золотом в концентрат с извлечением на уровне 85%.

Первичное разделение рудного материала позволяет вывести из автоклавного процесса не менее 55% рудного материала продукта сортировки (38% от руды) с отвальным содержанием золота (менее 0,2 г/т и серебра – менее 1,3 г/т) с низкой кислотоемкостью (40-50 кг/т, в 5-7 раз ниже кислотоемкости исходной руды) с содержанием урана и ванадия в 1,5 – 2 раза, а суммы РЗЭ в 2 раза ниже, чем в исходной руде. Этот материал может быть направлен на экономичный процесс атмосферного выщелачивания (пачуки) для доизвлечения только урана и ванадия.

На автоклавный процесс направляется материал, содержащий основное количество урана и ванадия и практически полностью все сопутствующие компоненты. Важным преимуществом автоклавно-автогенной технологии является возможность полной замены серной кислоты за счет использования элементной серы, окисляемой в автоклаве кислородом воздуха непосредственно в процессе выщелачивания урана из руды, т.е. совмещение процессов получения кислоты и выщелачивания урана в одном аппарате – автоклаве. Это позволяет минимизировать энергетические затраты на подогрев пульпы, снизить расходы азотной кислоты примерно в 100 раз и серной кислоты в 2 раза, соответственно сократить затраты на строительство завода по производству серной кислоты.

Извлечение урана в раствор из продуктов флотационного обогащения составляет ~96%.

Предлагаемая технология обеспечит получение следующей товарной продукции из комплексных руд Эльконского урановорудного района: -концентрат урановой руды по ASTM C976-08, массовая доля урана не менее 65%;-парамолибдат аммония по ТУ 95.380-82, массовая доля молибдена 54.5-55.5%;-перренат аммония по ГОСТ 31411-2009, массовая доля рения не менее 69%;чистый пентаоксид ванадия по ТУ 48-4-429-82, массовая доля основного вещества 97-99%; слитки благородных металлов. Все это позволит, в сравнении с базовой технологией получить дополнительной продукции на сумму от 442 до 767 млн.\$ с учетом всех дополнительных издержек на её получение. Это снижает окупаемость предприятия с 21 до 14 лет.

Важнейшее преимущество предлагаемого технологического подхода состоит в его универсальности. Объектами приложения технологических разработок в рамках данной схемы могут являться все типы сульфидсодержащих руд по мере освоения рудных районов, входящих в компетенцию отрасли.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ УРАНА НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ СПОСОБОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

**А.В. Ладейщиков<sup>1</sup>, Ю.И. Лаптев<sup>2</sup>, А.Д. Истомина<sup>3</sup>,  
М.Д. Носков<sup>3</sup>, А.А. Чеглоков<sup>3</sup>**

*1 – ФГУТП «Урангео», г. Москва, Россия*

*2 – ЗАО «Далур», Курганская обл., Россия*

*3 – НИЯУ «МИФИ», г. Москва, Россия*

В настоящее время различные горно-геологические информационные системы (Datamine, Micromine, Surpac и др.) широко применяются для подсчета запасов на месторождениях разрабатываемых традиционными горными способами. Однако эти программные продукты не учитывают специфики месторождений отработываемых методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). В этом случае целесообразно использовать специализированные горно-геологические информационные системы, позволяющие подсчитывать запасы на основе методик, учитывающих особенности разработки месторождений методом СПВ.

В данной работе представлены методика и результаты применения горно-геологической информационной системы «ГНОМ» для оценки запасов на инфильтрационных месторождениях урана. Подсчет запасов выполняется в следующем порядке: сбор и интерпретация геолого-геофизической информации, построение геотехнологических разрезов, выделение рудных пересечений, геометризация подсчетных блоков, создание геолого-математических моделей, подсчет запасов (одним или несколькими способами).

Сбор исходных данных начинается с ввода общей информации (название, координаты устья скважины, документация по бурению, конструкция и т.д.). Если скважина бурилась с керном, то заполняется его послойное описание (параметры рейсов, литология, отобранные пробы, результаты аналитических исследований). В создаваемую базу данных импортируются результаты геофизических исследований скважин, полученные с помощью цифровых каротажных станций (LAS-файлы, формат станций «Кобра» и др.), проводится обработка исходных данных (рассчитываются координаты ствола скважины, строятся сводные колонки и т.д.). На основе этой информации определяются первичные данные для подсчета запасов. По кривым КС и ПС выделяются технологические интервалы. В соответствии с кондиционными лимитами по ГК рассчитываются дифференциальные рудные интервалы. Используя данные по технологическому типу вскрытых пород, выделяются рудные интервалы.

Результаты работы оформляются в виде автоматически формирующихся геологических колонок, соответствующих действующим инструкциям.

Следующим этапом работы является увязка данных по скважинам между собой. Для этого строятся поперечные, а при необходимости и продольные геотехнологические разрезы. Линия профиля, вдоль которой строится разрез, и список отображаемых скважин определяется с помощью интерактивной карты. Автоматически формируются исходные данные по скважинам на основе информации базы геологических данных. С помощью интерактивных визуальных инструментов отрисовываются горизонты технологических областей, рудные тела, с их увязкой к технологическим типам пород и выделенным ритмопачкам, зоны рудоформирующего пластового окисления. В результате работы автоматически формируются чертежи геотехнологических разрезов.

На основе построенных разрезов, формируется совокупность рудных пачек. В каждой пачке для каждой скважины выделяются рудные пересечения. Параметры пересечений рассчитываются автоматически и выносятся на интерактивную карту, где геометризуется контур блока. Для блока выполняется расчет площади, запаса руды, урана и горно-рудной массы, значения средней линейной продуктивности, эффективной мощности и т.д. При подсчете способом геологических блоков сначала определяется список сетевых пересечений, а затем автоматически рассчитываются их параметры. Через средние параметры сетевых пересечений рассчитываются параметры блока. Затем проводится проверка на «ураганные» значения и, при необходимости, выполняется их «срезка». При подсчете способом ячеек Вороного площадь блока разбивается на многоугольники соответствующие скважинам (геометрическое место точек входящих в многоугольник находится ближе к данной скважине, чем к любой другой). Затем рассчитываются запасы блока, полагая, что в пределах многоугольников геотехнологические параметры равны параметрам скважины. Подсчет запасов на основе цифровой модели геологической среды производится с помощью интегрирования двухмерных распределений физических величин по соответствующим блокам. Распределения рассчитываются на основе фактических данных по скважинам интерполяционными, геостатистическими или стохастическими методами. При использовании геостатистических методов проводится анализ пространственной структуры корреляции данных, строятся изотропные или анизотропные математические модели вариограмм. Результаты подсчета запасов автоматически оформляются в виде подсчетных планов и таблицы подсчета запасов.

Применение системы «ГНОМ» на Далматовском и Хохловском месторождениях урана позволяет сделать вывод о производительной и стабильной работе созданной системы. При этом более точные результаты по подсчёту вскрытых запасов урана получены с применением способов ячеек Вороного и двухмерного моделирования, что подтверждено обработкой эксплуатационных полигонов.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ДАЛМАТОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА**

**Ю.И. Лаптев<sup>1</sup>, А.В. Ладейщиков<sup>2</sup>, А.Д. Истомина<sup>3</sup>,  
М.Д. Носков<sup>3</sup>, А.А. Чеглоков<sup>3</sup>**

*1 – ЗАО «Далур», Курганская обл., Россия*

*2 – ФГУГП «Урангео», г. Москва, Россия*

*3 – НИЯУ «МИФИ», г. Москва, Россия*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) является перспективным высокорентабельным методом добычи урана. Методом СПВ разрабатывают экзогенные инфильтрационные месторождения урана, в которых рудное тело находится в хорошо проницаемом подземном водоносном (продуктивном) горизонте. Оценка запасов и условий залегания такого месторождения, определение оптимальных схем отработки сопряжено с хранением, обработкой и анализом значительного объема геологических данных. В настоящее время существуют различные информационные системы сбора и анализа данных о геологической среде. Они в большей степени предназначены для предприятий, разрабатывающих месторождения традиционными подземными или открытыми способами, и не учитывают специфики геотехнологических методов.

В настоящей работе представлена горно-геологическая информационная система (ГГИС), применяемая при проведении разведки, подготовке и разработке Далматовского месторождения урана методом СПВ. Система позволяет собирать, хранить, интерпретировать и анализировать информацию о рудовмещающем горизонте. В состав ГГИС входит база геологических данных и модули, представляющих собой клиентские программы, предназначенные для решения отдельных задач. База геологических данных предназначена для хранения всего массива данных, а также для обеспечения доступа к ним на основе SQL. Для организации централизованного хранения геологических данных использованы сервера СУБД Microsoft SQL Sever, для локального хранения использована СУБД Microsoft Access. Модуль «Электронный паспорт скважины» предназначен для ввода, редактирования, анализа, интерпретации и визуализации данных по скважине. Модуль позволяет пользователю вводить или импортировать данные исследования скважин, провести их обработку и построить геологическую колонку. Построенные колонки могут быть распечатаны на принтере или плоттере в любом масштабе, а также сохранены в векторном графическом файле. Модуль «Геотехнологический разрез» позволяет с помощью интерактивной карты определить список скважин, отображаемых на разрезе, и ломаную линию профиля, вдоль которой строится разрез. В соответствии с критериями, заданными пользователем, формирует исходные данные по скважинам на основе информации базы геологических данных. С

помощью интерактивных визуальных инструментов пользователь строит разрез (задает границы проницаемых областей, балансовых и забалансовых рудных тел, фундамента, ритмопачек и зоны пластового окисления и т.д.). Модуль «Подсчет геотехнологических показателей» позволяет определить геометрию блоков и на основе имеющихся данных для блока рассчитать площадь, запасы руды, урана, горно-рудной массы и другие показатели. Расчеты проводятся по методике, принятой Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых РФ, или на основе цифровых моделей геологической среды. В последнем случае геотехнологические параметры рассчитываются с помощью интегрирования пространственных распределений физических величин по соответствующим полигонам областям. Результаты работы представляются в виде планов и таблицы подсчета запасов. Модуль «Геологическое моделирование» предназначен для создания цифровых моделей геологической среды на основе базы геологических данных. Распределения характеристик рудовмещающего горизонта рассчитываются на основе фактических данных по скважинам (анализ керна, данные геофизических исследований и др.), статистических данных по месторождению и экспертных оценок пользователя интерполяционными, геостатистическими или стохастическими методами. Проводится кросс-валидация полученных распределений и при получении удовлетворительного результата цифровые модели сохраняются в базе данных.

Использование ГГИС осуществляется поэтапно. Первоначально в базу данных заносятся исходные данные. Затем производится их интерпретация, и создаются электронные паспорта скважин. На следующем этапе строятся геотехнологические разрезы. С помощью разрезов производится анализ строения рудовмещающего горизонта, выделяются подсчетные и/или технологические блоки. На основе данных по скважинам и разрезам строятся цифровые модели геологической среды. На заключительном этапе производится подсчеты геотехнологических показателей различными методами. При отработке эксплуатационных блоков ГГИС применяется геотехнологами для получения геологических данных, необходимых для оптимизации геотехнологического процесса.

Применение ГГИС позволяет на предприятиях ПСВ урана исключить потерю или искажение исходных данных, существенно снизить временные и трудовые затраты на подготовку, обработку, интерпретацию и анализ разнородных данных, создать двух- и трехмерные цифровые модели продуктивного горизонта различными методами, обеспечить оперативный доступ к информации, необходимой для принятия эффективных управленческих решений. Кроме этого данные ГГИС могут быть использованы для автоматической генерации исходных данных для проведения геотехнологических расчетов с помощью специализированного программного обеспечения.

## ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СЮЛЬБАНСКОМ РАЙОНЕ

**Н.В. Леденева<sup>1</sup>, А.Д. Коноплев<sup>1</sup>, Р.Е. Рудаков<sup>1</sup>,  
В.А. Кусов<sup>2</sup>, И.М. Ткаченко<sup>2</sup>, С.Г. Стародубцев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> – ООО НТП «Сосновгеос», г. Иркутск, Россия

В Сюльбанский потенциально урановорудный район (ПУРР) с прогнозными ресурсами урана по различным авторским оценкам  $P_2$  – 10-40 тыс.т.,  $P_3$  – 20-40 тыс.т., объединены пространственно сближенные урановые и торий-урановые мелкие месторождения, рудопроявления и проявления, расположенные на южном склоне Кодарского хребта, в осложняющей его Верхне-Сюльбанской впадине и в области восточного замыкания Муйско-Куандинской рифтогенной впадины.

Район сложен толщами архейского и раннепротерозойского возраста, среди которых, наряду с кристаллосланцами и гнейсами, распространены кварциты, metabазальты, известняки и доломиты. Интрузивные и ультраметаморфические образования, связанные с процессами протоактивизации и тектоно-магматической активизации, представлены Куандинским, Кодарским габбро-диорит-гранитоидными комплексами ( $PR_1$ ), Ингамакитским грано-сиенит-гранитным комплексом с габброидами и пироксенитами ( $PZ_2$ ) и Витимским комплексом гранитоидов ( $PZ_2$ ), в связи с которыми проявлены широкие поля мигматизации и кремне-щелочных метасоматитов в зонах долгоживущих разломов.

Выявленные в Сюльбанском районе урановые объекты по генетическому признаку предшественниками объединены в 3 типа: 1 – гидротермально-метасоматический, пространственно и генетически связанный с геологическими формациями, образованными в процессе ультраметаморфизма и кремне-щелочного метасоматоза, 2 – осадочно-метаморфогенный, 3 – пегматитовый.

В связи с проявленностью в районе ряда благоприятных критериев и признаков уранового рудообразования и разными точками зрения на рудно-формационный тип богатого оруденения, ФГУП «ВИМС» с ООО НТП «Сосновгеос» в 2009 г. провели ревизионные работы на трех основных участках, где локализовано наибольшее количество урановорудных объектов: Грозовой-Делахи-Скальный, Андреевский-Хильгандо и Хадатканда. Целью работ являлась оценка проявленности рудоформирующих гидротермально-метасоматических процессов (в частности, аргиллизации), уточнение рудно-формационного типа и закономерностей локализации оруденения, а также выделение перспективных геолого-структурных обстановок, характерных для ведущих геолого-промышленных типов месторождений урана.

В результате работ установлено, что разнообразные по составу и условиям метаморфизма породы Сюльбанского района преобразованы, главным образом, процессами ультраметаморфизма – гранитизации, мигматизации и кремне-щелочного метасоматоза, связанных с раннепротерозойской протоактивизацией и тектоно-магматической активизацией позднепалеозойского возраста.

На всех участках урановая минерализация представлена оксидом  $U^{4+}$ , обладающего морфологией и структурой уранинита, сконцентрированного в мелких гнездах и линзах, разобщенных, как правило, на десятки и сотни метров в многокилометровых протяженных, крупных зонах кремне-щелочных метасоматитов, реже в зонах скарнирования.

Рудовмещающие скарноиды на участке Хадатканда и, частично, Андреевское-Хильгондо образованы в результате ультраметаморфических процессов в силикатно-карбонатных породах. Образование в них сульфидов (пирит и пирротин), тонковкрапленных теллуридов Pb, Bi, Ni, Au и самородного золота, синхронное с образованием уранинита, обусловлено, по-видимому, близостью массива габбро-норитов, компоненты которого были частично мобилизованы и переотложены в процессе гранитизации. Как известно, с габбро-норитами связаны многие Au-Te и Au-Bi-Te месторождения, как плутогенные, так и приуроченные к контактово-метаморфизованным зонам.

Основные урановорудные скопления, имеющие возраст 270-350 млн. лет, сформировались, вероятно, без дополнительного привноса урана при перераспределении урановых концентраций с возрастом 1650-1800 млн. лет в процессе гранитизации позднепалеозойского возраста и кремне-калиевого метасоматоза (возраст образования циркона ~ 290-300 млн. лет), обусловленных становлением Ингамакитского комплекса.

Урановое оруденение не сопровождается каким-либо типом околорудных изменений, характерных для гидротермально-метасоматической деятельности, присущей собственно гидротермальным рудообразующим процессам, и относится к одному генетическому типу – гнездово-вкрапленному (уранинитовому), связанному с процессами палингенно-метасоматической гранитизации и сопутствующего ей кремне-щелочного метасоматоза. Подобные процессы, как и скарнирование с перераспределением урана, не приводят к формированию месторождений урана с промышленными по запасам масштабами.



## **ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЗАО «РУСБУРМАШ» КАК РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ГК РОСАТОМ В ОБЛАСТИ МСБ УРАНА. ИННОВАЦИИ И ТРАДИЦИИ**

**В.Г. Мартыненко, А.А. Новгородцев, Е.А. Митрофанов**  
*ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

Стратегия сырьевого дивизиона Росатома ориентирована на первоочередное вовлечение в эксплуатацию месторождений с низкой себестоимостью добычи урана и снижение затрат на прирост запасов и ресурсов для действующих предприятий. Следуя этой стратегии в период 2009-2012 гг. предприятием выполнены беспрецедентные для постсоветской геологии виды и объёмы ГРП на урановых объектах РФ и за рубежом, с качеством отвечающим лучшим традициям советской геологии. Работы проводились по международным стандартам, в том числе и уникальные, не имеющие аналогов в российской практике. При работе за рубежом показали превосходство российских уранщиков над представителями ведущих западных консалтинговых компаний – CSA, SLRидр. в области урановой геологии.

Приоритетным направлением стратегии в РФ является оперативное вовлечение в отработку месторождений Хиагдинского рудного поля. Для решения этой задачи необходимо было поставить на государственный баланс разведанные запасы по 6 месторождениям. Обоснование для каждого месторождения кондиций, выводило их в забалансовые. Эта проблема была решена нестандартным путём. Совместно с ведущими институтами ОАО «ВНИИХТ» – «Национальным исследовательским ядерным университетом «МИФИ», на основании разведочных, эксплуатационных и геотехнологических лабораторных работ, применив инновационное математическое геотехнологическое моделирование, использующее опыт промышленной отработки Хиагдинского месторождения, обоснован технологический регламент отработки руд, что позволило разработать и успешно защитить в ГКЗ ТЭО постоянные разведочные кондиций для группы месторождений ХРП. Анализ вновь полученных геологических материалов при участии ФГУП ВИМС, ИГЕМ РАН, ТПУ ВПО ГОУ обосновывает морфогенетическую модель месторождений, позволяющую прирастить ресурсный потенциал рудного поля. Экспертно установлено, что Урановому Холдингу АРМЗ сэкономлено 10 лет и минимум 4 млрд. руб.

Стратегическим вопросом казахстанских объектов, находящихся в контуре влияния уранового холдинга «АРМЗ», является сохранение эффективности эксплуатационных работ в условиях вовлечения в отработку всё более усложняющихся залежей. В этом случае предельно усиливается роль детального геологического прогнозирования. Эффективность прогнозирования, оперативное реагирование на резко

меняющуюся геологическую ситуацию в процессе разведочных работ, формировании эксплуатационных блоков возможно лишь с применением геолого-математических моделей, адекватных морфогенетическим особенностям объектов и методу их добычи скважинным ПВ. Это обеспечивается лишь коллективом опытных специалистов. На примере месторождения Заречное показана эффективность анализа первичных материалов разведочных и технологических скважин для установления основных причин не подтверждения запасов месторождения. Обоснована возможность восстановления запасов, где имеется добычная инфраструктура. Обоснована методика разведочных работ для Заречного, включённая в проект по его доразведке.

В Африке расширяется сырьевая база Уранового холдинга за счёт легко извлекаемых и залегаемых от поверхности слюдяковых руд. На юге Танзании урановое месторождение Ньота предполагается разрабатывать открытым способом без применения буровзрывных работ. При этом способе отработки значительная часть запасов остаётся за контурами карьеров. Выполненный анализ геологических материалов позволил предложить инновационный комбинированный способ отработки месторождения – карьером и скважинным подземным выщелачиваем (СПВ) рудных тел, залегающих ниже уровня грунтовых вод. Там же на площади Мкуджу Ривер проведено структурно-картировочное бурение, в результате которого в песчаниках субформации Карру установлена зона пластового окисления с признаками уранового оруденения, дающая основание рассчитывать на выявление в ближайшее время, значительных ресурсов уранового оруденения пригодного для СПВ.

Реализация политики резкого повышения эффективности ГРР и уменьшение затрат на подготовку запасов возможна лишь с применением современных подходов, привлечение инновационных технологий. Это и КНД нового поколения, разработанный на средства ЗАО «РУСБУРМАШ»; целево ориентированное программное обеспечение; алгоритмирование создания блочной модели в «столбчатом» варианте, адаптированной к месторождениям, отрабатываемым способом СПВ и адекватной традиционному методу подсчёта запасов; внедрение автоматизированного проектирования шахтных добычных работ на основе блочного моделирования и др.

## **СОВРЕМЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАН**

**Н.А. Мац**

*ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург, Россия*

При ограниченных объемах бурения и геологической специфике территории России роль геофизических методов при поисках является сегодня определяющей.

К настоящему времени создана научно обоснованная геофизическая методология прогнозно-поисковых работ на основные промышленные типы урановых месторождений. В результате теоретических исследований, опытно-методических и конструкторских работ в урановой геофизике для различных генетических типов месторождений разработаны современные технологии прогноза, поисков, аппаратурно-методические комплексы и системы интерпретации геофизических полей.

Применение геофизических технологий позволяет существенно повысить эффективность геологоразведочных работ за счет максимальной локализации поисковых площадей на уран.

Работами наших и зарубежных специалистов показано, что скрытые месторождения урана могут быть обнаружены с помощью рациональных комплексов воздушных и наземных геофизических (радиометрических, сейсморазведочных, электроразведочных, магниторазведочных, гравиметрических) и геохимических методов. Для разных типов месторождений, стадий работ и условий залегания рациональные комплексы существенно различаются.

Территория страны хорошо изучена гравиметрическими и магнитными съемками и существенно хуже аэрогамма – спектрометрическими, которые являются основным прямым индикатором поисков урановых рудопроявлений. Проведение специализированных на уран аэрогеофизических съемок целесообразно планировать на ограниченных площадях с достаточно обоснованной перспективностью.

Состояние обеспеченности производственных геологических организаций современной геофизической и аналитической аппаратурой представляется неудовлетворительным. Используемая ими аппаратура устарела и требует замены.

Несмотря на острый недостаток бюджетных средств, выделяемых на создание геофизической аппаратуры, в последние годы удалось сделать ряд новых разработок. В области аэрогеофизики созданы высокочувствительные и помехоустойчивые гамма – спектрометры, электроразведочная и магнитная аппаратура. Привязка воздушных измерений осуществляется высокоточными спутниковыми навигационно-геодезическими системами. В сложных ландшафтных условиях аэрогеофизические методы, благодаря оснащению новейшими

навигационными системами, могут с успехом заменять трудоемкие наземные геофизические работы при крупномасштабных поисковых исследованиях. В области наземных геофизических методов существующие аппаратные комплексы, в основном, позволяют решать поисковые задачи выявления скрытых рудоконтролирующих структурных элементов, однако специфика залегания урановых руд требует на основе опытно-методических работ определять рациональное комплексирование методов.

Техническими средствами метрологического обеспечения аппаратуры служат комплекты образцовых средств – моделей радиоактивных, магнитных и электромагнитных полей и естественные полигонные участки, аттестованные в качестве стандартных образцов разного ранга. В настоящее время нормативные сроки большинства технических и методических средств метрологического обеспечения истекли и должны быть переаттестованы.

Особенность современного развития урановой геологии состоит в том, что основные районы, перспективные на открытие крупных месторождений урана, на территории нашей страны выявлены. В ближайшие годы поисковые и оценочные работы на уран будут сосредоточены на относительно небольших локальных площадях с привлечением бурения и широким использованием полевых методов геофизики и геохимии. Поэтому на современном этапе главной задачей отечественной урановой геофизики является формирование эффективных комплексов изучения структурно-вещественных характеристик геологической среды.

В силу ряда причин объемы методов геофизики при прогнозно-поисковых работах на уран в нашей стране оказались заниженными. Размер ассигнований, выделяемых на геофизические работы в проектах производственных организаций, часто не превышает 5-10% от общих объемов геологоразведочных работ, что значительно ниже этого показателя ведущих зарубежных компаний.

Роснедра в последние годы принимает меры для повышения роли геофизических методов при поисковых работах на твердые полезные ископаемые. Поэтому сегодня можно с уверенностью сказать, что целенаправленное применение новых геофизических технологий позволит выявить на территории России месторождения урана с крупными запасами, столь необходимые нашей атомной энергетике.

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА РОССИИ

**Г.А. Машковцев**

*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

В связи с планами интенсивного развития атомной энергетики в России, обязательными поставками ядерных материалов на АЭС стран Восточной Европы, построенным по советским проектам, и возможно стран Юго-Восточной Азии, где имеются договоренности об участии РФ в сооружении новых станций, а также в связи с экспортом низкообогащенного урана (НОУ), потребности в природном уране к 2025-2030 гг. должны достигнуть 22-25 тыс.т в год. В последние годы производство урана суммарно на трех отечественных предприятиях – ОАО «ППГХО», ЗАО «Далур» и ОАО «Хиагда», составляет 3,4 тыс.т. Около 4,5 тыс.т производится на совместных предприятиях в Казахстане и подготавливается к освоению месторождения в Танзании. Для обеспечения растущих потребностей в природном уране на ближнюю перспективу значительную роль должно сыграть освоение отечественной урановой МСБ.

Минерально-сырьевая база урана России на 01.01.2012 г. составляет около 755 тыс.т, в т.ч. балансовые – порядка 685 тыс.т и забалансовые – 120 тыс.т. Общее количество прогнозных ресурсов урана категории  $P_1$  и  $P_2$  суммарно составляет порядка 564 тыс.т, категории  $P_3$  – 880 тыс.т. Основная часть запасов и прогнозных ресурсов урана размещается в пределах Сибирского и Дальневосточного Федеральных округов.

При значительных запасах урана, определяющих третье место России в мире после Австралии и Казахстана, значительная их часть имеет ряд существенных недостатков: низкое качество руд, сложные горно-технические условия разработки, размещение объектов в тяжелых природных условиях. По геолого-экономическим оценкам лишь четверть извлекаемых запасов относится к категории менее 80 долл./кг по себестоимости получения урана. Учитывая, что запасы именно этой категории активно разрабатываются предприятиями Росатома в настоящее время, перспектива обеспечения атомной промышленности сырьем за счет существующей МСБ является весьма напряженной в экономическом отношении. Отсюда следует, что важнейшей задачей геологоразведочных работ на уран является выявление новых месторождений с богатыми и технологичными, пригодными для освоения способом СПВ, рудами.

Прогнозные ресурсы урана, являющиеся исходными для развития поисковых работ, располагаются как в пределах осваиваемых Стрельцовском, Зауральском, Витимском и Восточно-Забайкальском рудных районов, так и в районах перспективных на обнаружение промышленных объектов, в том числе в районах Енисейского края, Восточного Забайкалья, Северного Прибайкалья, Восточно-Алданского,

Центрально-Забайкальского и в целом ряде других. Кроме того значительная часть количественно не определенного ресурсного потенциала урана связывается с крупными ураноносными структурами Северо-Востока Центральной России, Северо-Запада и другие.

*В осваиваемых ураноносных регионах и районах* решаются следующие задачи: первое – поиски новых объектов с более качественным на или технологичным оруденением, второе – подготовка к освоению ранее не востребованных объектов с разработкой и внедрением более эффективных технико-технологических решений.

В рамках решения первой задачи в настоящее время ведется подготовка поисков глубокозалегающего богатого уранового оруденения в пределах Стрельцовского рудного поля (СРП). Южнее СРП в течение последних лет проводятся поисковые работы, выявившие проявление контрастного уранового оруденения, которое послужило основой постановки нового геологического задания. В рамках Урулюнгуевского района, составной частью которого является СПР, в текущем году завершаются тематические работы по выявлению и обоснованию поисковых площадей на скрытое урановое оруденение; к настоящему времени получены первые положительные результаты. Приведенные направления поисковых работ нацелены на расширение и существенное улучшение качественных показателей МСБ урана ОАО «ППГХО». В Витимском районе поисковыми работами последних лет выявлено несколько урановых объектов в палеоруслах, пригодные для промышленного освоения. Их суммарный ресурсный потенциал составил:  $S_2 - 12,7$  тыс.т,  $P_1 - 20,5$  тыс.т,  $P_2 - 19,5$  тыс.т. В последующем работы по реализации ресурсного потенциала района, составляющего порядка 100 тыс.т, будут продолжены. Кроме того в Забайкалье в Еравнинском районе завершены работы по технологической и геолого-экономической переоценке приповерхностных урановых месторождений Талаканское и Витлауское с авторскими запасами порядка 6,5 тыс.т, показавшие исключительно высокие экономические параметры их освоения по схеме: карьерная добыча – кучное выщелачивание. Подобного типа работы проводятся также на северном фланге Щегловского месторождения.

В Зауралье развитие минерально-сырьевой базы урана ЗАО «Далур» осуществляется путем поисков новых объектов в палеоруслах на флангах осваиваемого района, в том числе на больших глубинах (более 650 м), но которые доступны для разведки и разработки месторождений методов СПВ. Кроме того необходимо дальнейшее расширение МСБ региона за счет вовлечения в оценку и последующего освоения других районов, в частности Санарского с группой малоглубинных объектов, пригодных для освоения способом подземного или кучного выщелачивания.

Основная задача геологоразведочных работ по *выявлению новых крупных объектов в определившихся рудоперспективных районах*, выполняется в пределах Сибирского региона на площадях с количественно

оцененными прогнозными ресурсами урана. Такие площади располагаются в пределах Забайкалья, Енисейского кряжа, Восточного Саяна, Северного Прибайкалья и в целом ряде других районов южного обрамления Восточно-Сибирской плиты, где ожидается выявление эндогенных жильных и жильно-штокверковых месторождений в скальных породах.

В Забайкалье положительные результаты получены в Таширском районе, где выявлено жильно-штокверковое проявление контрастных урановых руд, на базе которого будут продолжены более детальные работы с количественной оценкой промышленной значимости объекта. В настоящее время проводятся поисковые работы на уран в пределах Мухорталинской и Акуинской вулканотектонических структур, перспективных на обнаружение месторождений стрельцовского типа. Требуется развитие поисковых работ в районе месторождения Березовое и Горное, а также в пределах целого ряда других структур региона. В трансрегиональной полосе ураноносных структур, протягивающейся от Енисейского кряжа до Восточного Алдана включительно, представляющей собой стратегический интерес для развития ГРР на уран, проводились и проводятся в настоящее время поисковые работы, однако промышленных скоплений пока выявлено не было. Основной причиной этому является скрытый характер ожидаемого оруденения, что требует проведения целого комплекса опережающих геолого-геофизических работ с объемным моделированием благоприятных рудоперспективных обстановок и достоверным обоснованием собственно поисковых локальных площадей и участков. Поэтому для реализации прогнозного потенциала урана в Забайкалье, в Южном обрамлении Восточно-Сибирской плиты и в других районах перспективных на обнаружение скрытых урановых объектов в скальных породах, потребуется реализация целого комплекса мероприятий: научные и тематические исследования, опережающие геолого-геофизические и собственно поисковые работы.

К сожалению перспективы обнаружения экзогенно-эпигенетических урановых месторождений, пригодных для освоения СПВ, весьма ограничены. Оцененные прогнозные ресурсы урана, требующие поисковой реализации, связаны лишь с отдельными структурами Бийско-Барнаульской впадины.

Значительное место в геологоразведочных работ на уран должны занять *региональные прогнозно-металлогенические* исследования в слабоизученных перспективных районах, не получивших количественных оценок ресурсного потенциала урана. К ним относятся Чукотский, Таймырский, Карело-Кольский и целый ряд других районов. Целью этих исследований должно явиться выявление и обоснование площадей специализированных среднemasштабных исследований и поисковых работ с прогнозной оценкой ресурсов урана.

Для успешного выполнения задач по развитию и совершенствованию минерально-сырьевой базы урана потребуется разработка и

последовательная реализация региональных проектов развития ГРР, включающих весь стадийный комплекс исследований: от разработки современных теоретических основ моделирования и объемного изучения рудоперспективных районов с созданием методики глубинных поисков урана, до проведения детальных работ по выявлению и оценки скрытых и слабопроявленных на современной поверхности урановых объектов.

## **РОЛЬ ДРЕВНИХ РИФТОГЕННЫХ РАЗРУШЕННЫХ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ФОРМАЦИЙ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ СЛЕПОГО РЕДКОМЕТАЛЛЬНО- УРАНОВОГО И ЗОЛОТО-УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

**И.Г. Минеева**

*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

1. Многолетнее изучение геологических, геофизических, петрологических, минералого-геохимических особенностей докембрийского У рудообразования на щитах и докембрийских складчатых областях позволило установить, что разнообразные по составу урановые месторождения, в том числе редкометалльно – урановые и Au-U, обнаруживают парагенетическую взаимосвязь с древними рифтогенными структурами, развитыми в контурах зеленокаменных поясов, включающих железорудные формации (Минеева, 2008; Минеева и Макаров, 2013). На примере Украинского, Байкальского, Алданского щитов и Прибайкальской складчатой области установлено, что U месторождения длительно формировались при значительном разрушении железистых формаций либо в поднятых блоках древних рифтов, подвергнутых гранитизации, либо в опущенных блоках – в углеродистых или фосфорно-углеродистых формациях, залегающих над железорудными телами.

2. Урановые руды докембрийских рифтогенных структур полиэлементны и часто включают разнообразные ассоциации сидерофильных, халькофильных, редких элементов ( Fe, Ti, Cr, Mn, V, PGE, Zr, Nb, W, Mo, Zn, Pb, Au, Ag, Bi, а также REE, Th и др.). Многие высоковалентные сидерофильные элементы ( Fe, Ti, Cr, V, Mn, а также близкие титану Nb, Ta, W, Zr, платиноиды ) сопровождают уран на многих древних месторождениях, преимущественно в щелочных метасоматитах. Титановые минералы в большинстве случаев состоят из соединений двуокиси титана — ее полимеров и солей титановых кислот (титанатов). Для титана характерно образование смешанных минералов с Fe, V, Nb, Ta, W, редкоземельными металлами и U.

3. На Украинском, Алданском, Южно-Африканском, Австралийском щитах и в Прибайкальской докембрийской складчатой области развиты урановые месторождения, где основным урановым рудным минералом



является титанат урана – браннерит. Браннерит обычно встречается в виде двух разновидностей: одна – кристаллическая (призматические кристаллы), другая – колломорфная масса среди темноцветных минералов, в ассоциации с минералами титана – анатазом, рутилом, сфеном (Дубинчук, Беляевская, 1975; Полякова, Мигута, 1981; Мигута 1991).

На месторождении украинских ураноносных альбититов выявлена вертикальная зональность в размещении минералогических разновидностей браннерита (Минеева и др., 1995). Хорошо раскристаллизованные индивиды браннерита прослежены в альбититах глубоких горизонтов. Они дают четкие точечные микродифракционные картины и представлены реликтовыми участками монокристалльных или блочных выделений. На поверхности кристаллов развивается микроглобулярная разновидность. На верхних горизонтах на поверхности зерен браннерита появляются глобулы размером 0,1-0,2 мкм, по межблочным границам выделяется тонкодисперсный оксид четырехвалентного урана. Самая поздняя разновидность преобразованного браннерита прослеживается в приповерхностных ураноносных альбититах в виде аморфных выделений гелеобразного колломорфного вещества, обогащенного Zr.

4. На Алданском щите процесс разрушения браннерита был прослежен на Эльконском горсте Г.А.Тархановой и Н.И. Чистяковой (2008) из ураноносных калиевых метасоматитов зоны Интересной, где в отличие от остальных месторождений горста, основным рудным минералом является уранинит, а не браннерит. В эльконских браннеритах характерны высокие содержания Nb и W. При разрушении выявляются фазы разнообразных по составу титанатов, титан-вольфрамо-ниобатов и оксидов урана. На конечной стадии образуется Nb- рутил и уранинит. W кристаллизуется в форме шеелита. Полное разложение браннерита на оксидные соединения урана и титана приводит к формированию оксидного, оксидно-силикатного U оруденения.

5. На Украинском щите браннеритовое раннепротерозойское U оруденение формировалось в карбонатно-натриевых метасоматитах в контурах протерозойской рифтогенной Криворожской железорудной формации; на Алданском щите, несмотря на мезозойский возраст, браннеритовое U оруденение развивалось в калиевых метасоматитах в контурах Леглиерской архей-протерозойской флогопит-железистой скарновой формации; в Прибайкальской докембрийской складчатой области браннеритовое U оруденение развивалось в натриевых, калиевых и натрий-калиевых метасоматитах в контурах рифейской разрушенной терригенной Витимской железорудной формации.

Полученные закономерности позволяют выделить среди рифтогенных докембрийских железорудных формаций титансодержащие горизонты преимущественно ильменит-титано-магнетитового состава, благоприятствующие формированию браннеритового U оруденения. В периоды омоложения рифтогенных структур происходит реювенизация

урановой минерализации с образованием оксидов и силикатов урана. Индикаторами проявления разрушенного древнего титанатового оруденения служат скопления рутила, сфена, оксидов железа (маггемита), что может служить поисковым признаком для обнаружения слепого реовенизированного U оруденения. Выявленная закономерность прослеживается на всех щитах мира и Рст складчатых областях.

## РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КАРОТАЖНОГО КОМПЛЕКСА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ УРАНА В СКВАЖИНАХ МЕТОДОМ МГНОВЕННЫХ НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ

А.Р. Миносьянц<sup>1</sup>, Ю.Г. Полканов<sup>2</sup>, И.А. Титов<sup>2</sup>

1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия

2 – ФГУП «ВНИИА», г. Москва, Россия

Метод КНД-М рекомендован ФГУ ГКЗ РФ к применению как при разведке месторождений урана песчаникового типа, так и на участках подземного выщелачивания (ПВ). В настоящее время КНД-М является, по сути, единственным методом «прямого» определения урана в условиях естественного залегания.

Сегодня серийно в Российской Федерации выпускается единственный аппаратный комплекс для проведения КНД-М – АИНК-60 (разработчик и производитель ФГУП ВНИИА им. Духова, г. Москва, Россия). Данный комплекс, будучи выполненным на современной элементной базе, методологически является аналогом скважинного прибора СПМ аппаратуры АГА-101 «Импульс», выпускавшегося в конце 80-х годов прошлого столетия. На сегодняшний день выпущено и эксплуатируется в различных странах (Россия, Казахстан, Узбекистан, Китай) несколько десятков аппаратных комплексов АИНК-60.

По заказу НАК «Казатомпром» (Казахстан) была проведена разработка и выпущено несколько макетных образцов аппаратуры для проведения КНД-М в ОАО НПП «ВНИИГИС» г.Октябрьский, Республика Башкортостан.

Так в 2000 г. была создана многозондовая модификация скважинной аппаратуры **КНД-48**, включающая в себя блок мониторинга выхода генератора, детекторы надтепловых и тепловых нейтронов (импульсный нейтрон-нейтронный каротаж) и модуль гамма-каротажа. В основу программного обеспечения положены интерпретационные зависимости для методов **КНД-м** и **ИНК<sub>т</sub>**, полученные в ходе математического моделирования скважинного прибора **КНД-48**, выполненного доктором физико-математических наук профессором А.Л. Поляченко (ФГУ ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем»).

В 2003-2006 г.г. были разработаны приборы *КНД-53* и *КНД-60*, в которых реализованы модифицированные блоки мониторов. В этих приборах также были снижены погрешности измерения потока надтепловых и тепловых нейтронов.

Образцы этой аппаратуры были испытаны на ряде предприятий России и Казахстана.

Однако, в целом, состояние аппаратурно-методической и метрологической базы КНД-Мв настоящее время не позволяет использовать его в качестве количественного метода для определения подсчетных параметров рудных интервалов. Это является существенным препятствием для широкомасштабного внедрения метода в практику геологоразведочных работ.

Исходя из этого в 2011 г. по инициативе ОАО «Атомредметзолото» ЗАО «РУСБУРМАШ» открыло финансирование работ по разработке аппаратурно-методического каротажного комплекса нового поколения для прямых определений урана в скважинах методом мгновенных нейтронов деления. Для выполнения этих работ нами были привлечены ведущие организации в этой области: ФГУП «ВНИИА» им. Н.Л.Духова, ФГУ НПП «Геолооразведка» (С-Петербург), ФГУ ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем».

Целью этих работ является не только создание аппаратуры, с техническими характеристиками, существенно превышающими существующие аналоги, но и проведение сертификации технических и метрологических средств и методики выполнения измерений в соответствии с существующими требованиями ГКЗ и Ростехрегулирования РФ.

Основным достижением выполненных работ по проекту в 2012 г. является создание двух опытно-промышленных образцов двухзондовой аппаратуры АМК КНД-М-48. Применение новых принципов компоновки блока монитора позволили получить приборы диаметром 48 мм, а применение новых нейтронных генераторов ИНГ-12-50-100БТ с нейтронной трубкой ВНТЗ-32 увеличило ресурс работы генератора до 200-250 часов. Включение в скважинный прибор зонда тепловых нейтронов, позволит существенно повысить точность определения массовой доли урана за счет точной попластовой оценки влажности руд, а также дает принципиальную возможность оценки литолого-фильтрационных характеристик руд, что является одной из наиболее важных задач при подготовке месторождений урана песчаникового типа к отработке методом скважинного подземного выщелачивания.

В 2013 г. планируется выполнение работ по проведению сертификации и утверждения типа средства измерения, а также по сертификации методики измерений.

Завершение данной разработки позволит принципиально изменить возможности КНД-М и использовать его как полноценный количественный метод при выполнении геологоразведочных работ на месторождениях урана песчаникового типа.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА АЛЬПИЙСКО-ГИМАЛАЙСКОГО ПОЯСА

**Ю.Б. Миронов**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Альпийско-Гималайский складчатый пояс вытянут в широтном направлении и охватывает юг Европы, север Африки и районы Центральной Азии. Пояс имеет сложное геологическое строение и длительную историю геологического развития, обусловивших высокий урановый потенциал. Большая часть месторождений (более 76 шт.) сформировалась в несколько урановорудных эпох. Панафриканской эпохе (>500 Ma) отводится роль рудоподготовительной, с поздневарисцией (240-180 Ma) связаны экзогенные и гидротермальные объекты. В киммерийскую и ларамийскую эпохи происходило накопление урана в битуминозных породах и угленосных толщах. Раннеальпийская (60-20 Ma) рассматривается как урановорудная, а позднеальпийская (5-0 Ma) имеет ведущее значение.

На основе классификационной схемы МАГАТЭ выделяются следующие ведущие типы месторождений урана (оруденения) – метасоматический, жильный, вулканический, песчаниковый, ураново-угольный, ураново-фосфорный, черносланцевый, поверхностный и др.

К метасоматическому типу принадлежит мелкое месторождение Сагханд (Иран). Подобные объекты, возможно, сохранились в блоках докембрийских массивов в центральной части пояса (Турция, Афганистан). Жильно-штокерковые гидротермальные месторождения урана в зонах дробления метаморфических и интрузивных пород сформировались в несколько эпох и тяготеют к узлам пересечения разломов с проявлением гранитоидного магматизма и вулканических комплексов в пределах срединных массивов (Центральные Альпы, Стара Планица, Кавказ). По составу руд среди них выделяются: кварц-настурановый с примесью сульфидов (Лос-Ротонес, Агуджар), иногда с флюоритом (Стара Планица, Эргени); сульфидно-настурановый (с коффинитом) – Сливен, Розен, Авраам-Янку; арсенидно-настурановый (Талмези, Мескани), часто с ураноносными битумами (Даховское); карбонатит-настурановый (Ханнешин) минеральные типы.

Вулканический тип в связи с вулканотектоническими и купольными структурами распространен в Итальянских Альпах (Латацме), на Кавказе (Пхрут), Балканах и в Иране (Байче-Бах).

Месторождения песчаникового типа сформировались в варисциейскую и альпийскую эпохи в узких линейных прогибах на склонах Альпийского мегаантиклинория (Балканы, Кавказ, Карпаты и др.) и у подножия Гималаев (Индия) и Сулеймановых гор (Пакистан). Общим критерием месторождений песчаникового типа является контроль оруденения эпигенетической окислительной зональностью. Выделяется четыре типа окисления, в связи с которыми формируется урановое оруденение: поверхностное, грунтовое,

пластовое и трещинное. Продуктивность зон определяется взаимодействием кислородсодержащих вод с вмещающими породами и осаждением урана на геохимических барьерах. Месторождения урана «песчаникового» типа распространены в варисцийских пестроцветных молассах межгорных впадин (Бихор, Прейт, Рио-Фреда, Валь-Дооце, Жировски Вхр, Формгоз и др.), в кайнозойских молассах межгорных бассейнов (Каср, Ташариан, Эгритоль, Факили, Иланское, Елешница, Момино, Орлов Дол и др.), в кайнозойских молассах краевых прогибов (Багхал Шар, Джамму, Чхаттисгарх).

В Болгарии известен ряд объектов инфильтрационного генезиса в зонах дробления молодых интрузий в связи с цеолитами (Белый Искыр, Партизанская Поляна и др.). Для многих месторождений характерно перераспределение урана и полихронный генезис.

Ураново-угольные месторождения (Эбро) известны в Испании и Верхней Фракии (Гранатовое, Фрейталь). Практического значения не имеют. С уран-битумными породами в Панонском массиве (Румыния), в Карпатах, (Натро, Добрей) и Восточном Банате связаны мелкие месторождения. Ураноносные битумы установлены также в настуран-сульфидных рудах на Кавказе (Даховское, Пскентское). Уран-фосфорные месторождения известны в Марокко (Азегур), на Балканах (Айвозжик, Фрушос) и на эпигерцинской платформе. Из «экзотических» типов следует отметить урановое оруденение в связи с соляными куполами в Иране (Гачин) и аномальные концентрации урана в воде озера Ван, (Турция).

Урановые объекты других типов в пределах пояса широкого распространения не получили.

По совокупности признаков урановые месторождения объединяются в 12 урановорудных и ураноносных формаций и образуют 10 урановорудных районов, имеющих различное практическое значение. Малоисследованные территории Альпийско-Гималайского пояса представляют резерв будущих открытий.

## **УРАН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ**

**Ю.Б. Миронов, С.В. Бузовкин**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Страны Юго-Восточной Азии (ЮВА) в настоящее время не имеют урановой минерально-сырьевой базы. Часть стран реализуют программы строительства АЭС и исследовательских ядерных центров.

В геотектоническом отношении ЮВА расположена в зоне сочленения Гималайского и Тихоокеанского подвижных поясов с Индийской и Китайской древними платформами. Металлогения ЮВА определяется

мезозойской и кайнозойской эпохами. Мозаично-поясовое строение геоструктур контролирует положение рудных объектов, в т.ч. и урановых.

В **Мьянме** в северо-западной части Индокитайского полуострова эксплуатируются гидротермальные урансодержащие золоторудные месторождения Магуэ и Таунингун в области Магуэ, Кьяукпхигони Паонпхин в области Мандалай, в области Факхайн – Ингуан, Коренин, Тетон. Содержание урана в рудах от 0,12 до 0,5%. Сведения о запасах и ресурсах не приводятся. Урановый концентрат в небольших количествах экспортируется в Иран и КНДР. На рубеже веков Мьянма начала реализацию программы создания центра ядерных исследований.

**Таиланд** располагает мелкими урановыми объектами песчаникового типа (область Фу Вианг), залегающих в континентальных осадках плато Корат Индосинийского массива. Небольшое количество урана установлено в хвостах грейзеново-жильных (Sn-W) месторождений на западном побережье Пенсуляра (рудник Камунг). По оптимистическому сценарию Таиланду потребуется 160 т урана к 2030 г.

**Лаос и Камбоджа** (Кампучия) – наименее развитые страны ЮВА. Информации об урановых месторождениях этих стран нет.

**Вьетнам** начал изучение ураноносности страны в 1975 г. Урановый потенциал (запасы + ресурсы) страны оценивается в 254 000 т. Запасы промышленных категорий (основные + дополнительные) сосредоточены в пяти месторождениях песчаникового типа в триасовом бассейне Нонг Шон в Центральном Вьетнаме и составляют около 20 000 т со средним содержанием 0,047% урана. Небольшие запасы урана содержатся в редкоземельных месторождениях в северо-западных районах (Нам Се). В соответствии с реализуемой совместно с Россией программой строительства АЭС, годовые потребности в ближайшем будущем могут составить 8000 т  $U_3O_8$ .

В **Индонезии**, расположенной на островах Малайского архипелага, большинство урановых месторождений относится к жильному типу, ассоциирующему с кайнозойским кислым магматизмом. Более 20 лет изучаются объекты на островах Сулавеси и Калимантан (район Калан, участки Реманджа, Рабау, Келавейн и др.). На площади Кават жильные рудные тела в кайнозойских риолитах содержат 1,1-1,3% урана. Валлювиальных россыпей монацита в провинции Бангка – Белитунг запасы урана оценены в 243 т. В публикациях МАГАТЭ упомянуты перспективы области Папуа на урановое оруденение австралийского типа в зоне несогласия между мезопротерозойскими и мезозойскими отложениями. Достоверные запасы урана в 2011 г. составляли по цене до 80 долл./кг – 2005 т, до 130 долл./кг – 8417 т, 260 долл./кг – 8417 т; дополнительные запасы по цене до 200 долл./кг – 2244 т. Дополнительные прогнозные ресурсы по цене до 260 долл./кг – 23472 т. Годовая потребность Индонезии в уране, по данным МАГАТЭ, может составить 100 т.

**Малайзия** расположена на полуострове Малакка в узле пересечения мезозойских и кайнозойских структур. На западе страны широко развито оловянно-вольфрамовое оруденение, на востоке – преимущественно сурьмяные, золото-серебряные, медные месторождения. Имеются скудные сведения об урановых проявлениях на востоке Малаккского полуострова в штатах Келантау и Паханг. Сведения о запасах и ресурсах урана отсутствуют. По данным МАГАТЭ годовая потребность страны в уране составит к 2030 г. 160 т по оптимистическому сценарию.

**Филиппины** находятся в узле сочленения различных подвижных поясов. Территория рассматривается как фрагмент медного пояса Тихого океана с месторождениями Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Zn, Au. Считается, что наиболее интересны урановые объекты провинции Багио, в районе золотодобычи на островах Мосбат и Минданао и в ряде других районов на островах Бохаль, Самор, Лайме и др. На Cu-Mo месторождении Ларапустановлены 2 урановых проявления, содержащих 0,17% U, 0,492% Cu и 1,12% Mo на мощность 2,3 м и 0,09% U, 2,34% Cu, 0,88% Mo на мощность 13 м. В скарновом Cu-Mo месторождении Паракала на острове Лусон установлен уранинит. Запасы урана оценены в 340 т. Потребности исследовательского ядерного центра в 90-х годах XX века оценивались ~ в 100 т урана.

Таким образом, ресурсный потенциал урана стран ЮВА ограничен. Резерв будущих открытий связан с жильными месторождениями в связи с мезозойским и кайнозойским магматизмом и, возможно, с объектами песчаникового типа.

## **ЗОЛОТО-УРАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ СТРУКТУРАХ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

**Ю.Б. Миронов, Л.Б. Макарьев**  
*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

В Северном Забайкалье, на территории Саяно-Байкальской складчатой области и западной части Алданского щита, выделяются позднеархейские (сахаборийские) и раннекарельские рудоносные зеленокаменные структуры. Первые из них, сходные с известными рудоносными зеленокаменными поясами Австралии, Канады и других стран, формировались в результате рассеянного спрединга в условиях раздвига и деструкции континентальной земной коры. Такие условия в раннедокембрийском развитии Северного Забайкалья носили полициклический, часто унаследованный характер и сохранились в начале раннего протерозоя (в раннем карелии).

Рудоносные сахаборийские шовные прогибы – зеленокаменные трогии распространены в западной части Алданского щита (Чарско-Олекминская гранит-зеленокаменная область). По структурно-вещественным особенностям они разделяются на вулканогенные коматиитовые (медь-никель-золото-платинометалльные олондинского типа), толеитовые коматиитсодержащие (золото-железородные борсалинского типа) и вулканогенно-осадочные (железо-редкометалльные). Золото-урановое оруденение в связи с мезозойскими калиевыми метасоматитами-гумбеитами известно в золото-железородных структурах борсалинского типа (Тарыннахский трог).

В раннекарельских зеленокаменных структурах, в отличие от сахаборийских, золото и в первую очередь уран могли концентрироваться в значительных масштабах еще на этапе их становления в связи с более широким развитием высокоуглеродистых (черносланцевых) формаций, более интенсивными тектоническими (складчато-разрывными) преобразованиями и более активным проявлением калиевой гранитизации и постгранитного метасоматоза. В Саяно-Байкальской складчатой области рудоносные раннекарельские зеленокаменные образования выделены в дорифейских выступах фундамента Байкало-Патомской краевой системы (Тонодское поднятие) и в основании Северо-Байкальского окраинно-континентального вулcano-плутонического пояса (Акитканский протовулканоген). В Чарско-Олекминской гранит-зеленокаменной области подобные образования слагают обособленные шовные грабен-синклинали, наследующие древний меридиональный план архейских зеленокаменных поясов. В перечисленных обстановках известны зеленокаменные структуры вулканогенно-осадочного черносланцевого типа (в т.ч. с коматиитами), характеризующиеся комплексным уран-благороднометалльным оруденением.

Наибольший практический интерес представляют площади с телескопированным формированием золото-уранового оруденения при унаследованном («совмещенном») развитии:

- активизированных в каледоно-герцинское время раннекарельских зеленокаменных и позднекарельских вулcano-плутонических образований в составе Акитканского протовулканогена (Окунайская, Большеминьская площади и др.);

- активизированных в мезозое сахаборийских и раннекарельских зеленокаменных образований в составе Чарско-Олекминской гранит-зеленокаменной области (Хани-Олдонгсинская площадь).

Целенаправленное изучение зеленокаменных структур Северного Забайкалья рассматривается приоритетным направлением дальнейших прогнозно-металлогенических исследований на этой территории и является резервом будущих открытий золото-уранового оруденения в известных и нетрадиционных геолого-структурных обстановках.



## МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА РОССИИ

**Ю.Б. Миронов, А.М. Карпунин**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Рассмотрены общие вопросы металлогении урана России и принципы регионального металлогенического анализа на основе комплексного использования геологических, геофизических и геохимических данных. В фундаменте работы – учет взаимосвязи и взаимообусловленности процессов рудообразования с другими геологическими явлениями – осадконакоплением, магматизмом, региональным метаморфизмом, эпигенетическим преобразованием пород и другими; учет последовательности историко-эволюционных геологических событий в структурах земной коры с отображением стадийности развития основных геотектонических элементов земной коры (щитов и срединных массивов, платформ, подвижных областей, зон тектономагматической активизации); структурно-вещественный подход к изучению геологических тел, позволяющий всесторонне и объективно устанавливать структурные и вещественные формы связи металлогенических систем с соответствующими им по рангу и объему геологическими и тектоническими телами; раскрытию геодинамики геологических процессов; систематики металлогенических таксонов.

Даются характеристики урановорудных формаций и различных геолого-промышленных типов месторождений и главнейших металлогенических систем (поясов, провинций, областей, зон и районов). Среди них выделяются урановорудные, потенциально урановорудные с определившейся ураноносностью и потенциально урановорудные с неясными перспективами. Рассмотрены главные критерии ураноносности главнейших геологических структур, вопросы металлогенической зональности и эволюции рудообразования.

Результаты многолетних работ нашли отражение на карте ураноносности РФ (ВСЕГЕИ, 2011) с использованием адаптированной к условиям страны классификации урановорудных объектов МАГАТЭ. Последние данные по ураноносности России учтены также на карте Топливо-энергетических ресурсов РФ масштаба 1:5 000 000 (ВСЕГЕИ, 2013). Приведенные в легенде карт урановорудные и ураноносные формации, а также урановорудные провинции и районы использованы в качестве основы при изложении материалов.

В реальном металлогеническом аспекте рассмотрены 8 урановорудных провинций РФ (Карело-Кольская, Алтае-Саянская, Енисейская, Саяно-Байкальская, Забайкальская, Алданская, Буреинско-Ханкайская, Чукотская) и Урало-Енисейский урановорудный пояс, в составе которых находятся 78 урановорудных районов (промышленных, резервных и рудоперспективных), включающих 215 месторождений урана различного генезиса (экзогенного, эндогенного и полигенного) и продуктивности.

Среди них выделяются следующие формационные типы, формирующие экономически рентабельные концентрации урана и востребованные промышленностью:

- урановый в аргиллизитах ВТС и их фундаменте (стрельцовский);
- урановый, золото-урановый в гумбеитах зон региональных разломов (эльконский);
- урановый (с TR и Sc) в терригенных отложениях палеодолин в связи с зонами грунтового и пластового окисления (витимский и далматовский).

В качестве перспективных промышленных типов ближайшего будущего могут быть востребованы:

- урановый в пестроцветных отложениях рифтогенных впадин (имской);
- урановый в пестроцветных отложениях орогенных впадин (усть-уюкский);
- урановый в зонах глинисто-цеолитовых изменений в гранитах (чикойский);
- урановый (с редкими землями и фосфатами) в морских глинах с ихтиодетритом (ергенинский).

Необходимо доизучение неизвестного уранового оруденения (с Mo, Au и др.) в березитах и эйситах зон дробления в гранитах, вулканитах, углеродистых терригенно-карбонатных толщах, формирующих достаточно масштабные концентрации урана на территории Урала, Восточной Сибири и Дальнего Востока. Технологические и экологические аспекты до сих пор препятствуют вовлечению в промышленное освоение месторождений урана других типов со значительными ресурсами (ураноносный тип с ванадием, молибденом и рением в углеродистых сланцах, в том числе битуминозных; урановый тип в базальных горизонтах чехлов древних платформ и коре выветривания в фундаменте и некоторых других).

Выполненный региональный металлогенический анализ способствует повышению достоверности прогнозно-металлогенических исследований и качества разнообразных металлогенических карт, дает возможность проведения районирования территорий с выделением урановорудных и потенциально урановорудных провинций, зон, районов и локальных площадей для проведения геологоразведочных работ.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО АПРОБАЦИИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОТРАБОТАННОМ ПИЛОТНОМ БЛОКЕ 4Г-713 СТРЕЛЬЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Е.А. Митрофанов, А.В. Доничев, В.А. Баталов**

*ЗАО «РУСБУРМАШ» ОСП «Иркутск», г. Иркутск, Россия*

Основной целью работ является апробация и оптимизации планирования горных работ сложно-структурных месторождений на примере очистного блока 4г-713 с применением компьютерных технологий. Разработка опытно-промышленной модели управления запасами, с многовариантным подсчетом, планированием добычи и проектированием горных работ.

Для решения задач были созданы:

- геолого-математическая (ГММ) и горнотехническая (ГТМ) модели блока 4г-713 по результатам геологоразведочных работ (ГРР),
- ГММ и ГТМ по суммарным данным геологической и эксплуатационной разведок (ЭРР),
- ГММ по результатам ГРР, ЭРР и данным отработки (эксплуатации) блока.

Сопоставление результатов подсчета запасов по блочной модели, построенной по данным ГРР, с ручным подсчетом запасов методом геологических блоков (протокол ГКЗ) показал хорошую сходимость. Суммарное расхождение в пределах 7,5%, что говорит о хорошей сходимости созданной по данным ГРР геолого-математической модели с ранее выполненными работами. При детализации каркасных моделей по степени изученности, происходит усложнение морфологии и уменьшение объемов рудных тел.

На основе горно-технического моделирования, как по данным ГРР, так и на стадии ЭРР показана возможность оптимизации горных добычных работ, с уменьшением объема извлекаемой горно-рудной массы (ГРМ) и улучшением качества руды при сохранении объема извлекаемого металла.

Сравнительный анализ результатов горнотехнической модели на основе ГРР с проектом отработки блока 4г-713 показал возможность планирования более эффективной отработки блока 4 г-713 с применением ГГКТ:

- оптимизация выемочных пространств позволит уменьшить на 32,8% объем извлекаемой ГРМ при повышении качества руды на 35,2% (среднее содержание повысилось в сравнении с первоначальным проектом отработки с 0,169 до 0,228 %);
- рациональное планирование ЭРР позволит сократить срок отработки на 1 год;
- повышение качества проектирования и планирования горных работ за счет более точной оценки морфологии рудных тел и распределения

полезного компонента, снижение объемов подготовительных и нарезных работ на 6%.

Сравнительный анализ результатов горнотехнического моделирования на этапе ЭРР и фактически извлеченных запасов по данным ППГХО, подтверждает возможность более эффективной отработки блока 4 г-713 без потерь извлекаемого металла:

- за счет оптимизации выемочных работ объем извлекаемой ГРМ уменьшается на 19%, качество руды повышается на 21% (среднее содержание повысилось с 0,181 до 0,219 %);

- рациональное планирование позволит сократить срок работ на 2 года, спланировать качество руды поставляемой на фабрику;

- повышается качество проектирования и планирования горных работ за счет более точной оценки морфологии рудных тел и распределения полезного компонента,

- возможность проведения оперативной корректировки ЭРР и как следствие извлечение дополнительного металла.

Таким образом, применение ГММ и ГТМ, начиная со стадии ГРР, и соответствующее геолого-математическое сопровождение последующих ЭРР, позволят существенно снизить затраты и повысить эффективность отработки месторождения в целом ориентировочно на 10%.

## **УРАНОВЫЙ РУДОГЕНЕЗ АНАБАРСКОГО ЩИТА И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**А.В. Молчанов<sup>1</sup>, Д.К. Ходжаев<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

*2 – Амакинская ГРЭ АК «АЛРОСА», пгт. Айхал, Россия*

Анабарский щит в металлогеническом отношении входит в состав слабо изученной Анабаро-Оленекской комплексной потенциально урановорудной-редкометалльно-благороднометалльной провинции. При этом следует подчеркнуть, что Анабарский щит является единственным древним щитом мира, где до настоящего времени не выявлено урановых месторождений. В тоже время, проведенные за последние десять лет прогнозно-металлогенические, включая АГСМ работы, исследования геологами АК «АЛРОСА», ФГУП «ВСЕГЕИ», НФ ФГУП «ВСЕГЕИ» позволяют надеяться на выявление в этой древнейшей структуре земной коры урановых и комплексных месторождений.

К настоящему времени в пределах щита и его ближайшего обрамления известно несколько сотен радиометрических аномалий, проявлений радиоактивной минерализации и рудопроявлений урановой, урано-ториевой и ториевой природы, генетически связанные с

высокотемпературными кремнещелочными (кварц-плагиоклаз-ортоклазовыми и кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами, карбонатитами, фенитами), низкотемпературными щелочными (гумбеиты) и кислотными (березитами) метасоматическими формациями.

В геолого-структурном отношении проявления радиоактивной минерализации приурочены здесь к: 1) тектоно-флюидитным зонам глубокого заложения и длительного развития – Котуйкан-Монхоолинской, Харапской, Билляхской, Ламуйкской, Салтахской, Северо-Анабарской и Маганская; 2) магматическим массивам центрального типа (Одихинча, Мальджангарский, Маган и др.), сложенным породами ультраосновного и щелочного состава с карбонатитами; 3) углеродсодержащим терригенным породам плитного комплекса; 4) древним метаморфизованным корам выветривания и нижним частям разреза красноцветных терригенных отложений мукунской серии, вблизи зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия.

В пределах щита выделены: потенциально ураноносные прогнозные зоны (*Восточно-Анабарская и Западно-Анабарская*); ураноносные зоны (*Котуйкан-Монхоолинская, Северо-Анабарская, Южно-Анабарская, Билляхская, Салтах-Дюкенская, Куонамская*), потенциально-урановорудные узлы (Биригиндино-Мюнюсяхский и Мальджангарский), а также прогнозные площади. Для указанных металлогенических подразделений оценены прогнозные ресурсы урана категории Р<sub>3</sub>.

Наиболее значимые урановорудные объекты, исходя из мирового опыта, на Анабарском щите следует ожидать вблизи зон структурно-стратиграфических несогласий предрифейского возраста, а также комплексных (уран-редкоземельно-редкометалльных) месторождений в карбонатитовых массивах.

Буровыми работами, проведенными Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» по заверке АГСМ-аномалий, выявленных вблизи зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия на юго-восточной фланге Анабарского щита, были вскрыты рудные интервалы с кондиционным (от 0,03 до 0,18%) урановым оруденением (скв 17, 13).

Изотопно-геохронологические и геохимические исследования обломочных цирконов базальных горизонтов лабзтахской свиты (R), показали, что источником сноса для рифейского осадочного бассейна выступали комплексы пород с радиологическим возрастом 1950-2015 млн. лет. Цирконы из пород источника сноса для Куранахского (бассейн р. Куранах и р. Хаптаспыта) и Биригиндино-Мюнюсяхского (бассейн р. Биригинде и р. Мюнюсях) осадочных бассейнов характеризуются повышенными и аномально высокими содержаниями урана, тория и редкоземельных элементов.

Гидротермально-метасоматические новообразования в рифейских терригенно-осадочных отложениях восточной части Анабарского щита и в подстилающих их ультраметаморфогенно-магматогенных комплексах

архей-раннепротерозойского возраста проявлены чрезвычайно интенсивно. Гидротермально-метасоматические процессы привели к нарушению U-Pb изотопной системы в обломочных цирконах и частичному высвобождению из них урана. Возраст постраннепротерозойских наложенных (гидротермально-метасоматических) процессов, приведших к нарушению U-Pb изотопной системы в цирконах осадочного бассейна, оценивается как ранне-среднерифейский (около 1340 млн. лет) и раннемезозойский (250 млн. лет).

Термобарогеохимические исследования газовой-жидких включений в новообразованном кварце, позволили оценить, с определенной долей условности, P-T-условия рудоносного гидротермального процесса: T=115° – 330°C, P=350 – 750 бар. Флюидные включения характеризуются двух-, трехфазным строением, а по составу являются водноуглекислотными и газовойуглекислотными с солевыми фазами KCl и карбоната.

Исходя из вышеизложенного материала и анализа имеющейся геологической, геохимической, геофизической и петрографической информации, авторы считают целесообразным провести прогнозно-поисковые работы на уран и комплексное оруденение по восточному и западному флангам Анабарского щита и поиски с горными и буровыми работами в юго-восточной части щита.

## **ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА УРАН: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

**С.С. Наумов, С.В. Полонянкина, И.А. Ивлев**  
*ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия*

Резкий рост цен на уран на мировом рынке, достигший в 2007г. своего исторического максимума в 360 долл./кг урана, обусловил ажиотажную активность в проведении ГРП на уран, прежде всего в пределах известных урановорудных районах Северной Америки (Канада), Африки, Австралии, а так же вне их. В процесс ГРП на уран наряду с известными уранодобывающими компаниями (Cameco, Areva, Denison Mines, ERA, Rio Tinto, BHP и др.) включилось большое количество юниорских компаний.

Выбор площадей под проведение ГРП базируется в основном на результатах исторических или вновь выполняемых дистанционных методов (аэрогаммаспектрометрических съемок) или мелкомасштабных наземных геохимических и гидрогеохимических исследований и был ориентирован преимущественно на выявление выходящих на поверхность или неглубоко залегающих объектов.

В отдельные годы количество компаний, выполняющих ГРР на уран достигало 800 и более. Несмотря на возврат цен на уран на уровень, предшествующий их росту, количество компаний, проводящих ГРР на уран не уменьшается. В 2012г. такие работы осуществляли около 900 компаний с общими затратами на ГРР около 2 млрд. долл. США.

С 2007г. по 2012г. в результате ГРР было выявлено большое количество новых, различных по масштабам месторождений и перспективных проявлений урана, преимущественно ранее известных геолого-промышленных типов. Основные открытия сделаны в пределах известных урановорудных регионов (Австралии, Африки, Северной Америки (Канада)). Наиболее масштабные месторождения выявлены, разведаны и подготовлены к эксплуатации в Африке (Намибия, Танзания). На месторождении Южный Россинг (Намибия) начато строительство добывающего предприятия, мощностью 5700 т U/год.

Новые открытия сделаны на территории Южной Америки (Аргентина, Колумбия, Парагвай, Перу), районов Ближнего Востока (Иордания, Иран, Турция). Выявлены новые месторождения в Индии и Китае. И только на территории бывшего СССР, после его распада не выявлено ни одного нового промышленного месторождения урана.

Большое количество вновь выявленных месторождений урана в хорошо известных урановорудных районах и за их пределами, сохраняющиеся относительно слабая специальная изученность в мире огромных площадей открытых территорий, а так же учитывая опыт бывшего СССР, в пределах которого основные открытия были сделаны после внедрения комплексных методик прогноза и поиска перекрытых и слабо проявленных объектов, на наш взгляд подтверждают высокие потенциальные перспективы выявления как новых отдельных крупных месторождений, так и целых рудных регионов.

## **УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЕГО ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ НАМАРУ (ВИТИМСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН)**

**Е.С. Никитина**

*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Экзогенно-эпигенетическое месторождение Намару палеодолинного типа локализовано в проницаемых неогеновых отложениях, выполняющих палеораспадку, врезанные в северный склон Байсыханского поднятия, сформированного палингенно-метасоматическими гранитоидами геохимически специализированными на уранс реликтами блоков

метаморфических пород. Породы фундамента преобразованы процессами корообразования, что обеспечило перевод урана в легкоподвижную форму.

Северный склон грядово-холмистого поднятия более пологий, чем южный. Он характеризуется ступенчато-блоковым строением в результате смещений по зоне Кореткондинского разлома северо-восточного простирания. Положение распадков контролируется системой тектонических зон северо-западного простирания.

Пологий рельеф северного склона определил площадное накопление делювиальных отложений, перекрывающих весь склон. Эти породы отнесены к нижней осадочной пачке джилиндинской свиты ( $N_{1dz_1}$ ). Выше залегают отложения средней вулканогенно-осадочной пачки ( $N_{1dz_2}$ ), представленные хлидолитами, которые по направлению от бортов палеораспадов к их тальвегам и от верховьев к низовьям сменяются разномерными несортированными песками, а также плохо сортированными разномерными песками с линзами глин и алевроглинистыми отложениями с линзами песков. В верховьях распадков и в их тальвеговой зоне разрез представлен плохо сортированными разномерными песками с прослоями туфов и туффитов.

Картированием установлено, что в палеораспадах зона первичных желтоцветов по направлению от верховьев к низовьям и от бортов к тальвегам постепенно сменяется белоцветными и сероцветными породами. В тальвеге распадков развита зона первично сероцветных пород.

Рудовмещающие палеораспадки перекрыты мощной многопокровной толщей базальтов вулканогенной пачки ( $N_{1dz_3}$ ), которые препятствовали последующей эрозии и проникновению разрушающих оруденение кислородосодержащих вод.

Урановое оруденение локализуется в сероцветных отложениях, обогащенных углефицированными растительными остатками, определяющих высокую восстанавливающую способность осадков на границе выклинивания белесых, вторично восстановленных пород. Промышленное оруденение концентрируется в нижней части разреза осадочной толщи в центральной части распадков и выклинивается в направлении от верховьев к их устью, что обусловлено направлением движения рудоформирующих урансодержащих кислородных грунтово-пластовых вод от верховьев и бортов распадков к устью непосредственно на выходе из желтоцветных пород.

Локальными рудоконтролирующими факторами являются: литологический и минералогический. Литологический фактор выражен в концентрации наиболее богатого оруденения в более тонкозернистых, преимущественно глинистых породах, что обусловлено, во-первых, максимальной концентрацией в них сингенетических восстановителей (углефицированных растительных остатков) и, во-вторых, более длительным контактом урансодержащих вод с породой при их более медленном просачивании в хуже проницаемых, по сравнению с песками, породах.



Минералогический фактор выражен в концентрации урана, во-первых, в интервалах, обогащенных пепловым материалом и, во-вторых, в участках разреза, обогащенных «органосмектитом». «Органосмектиты» формировались во время вулканической деятельности одновременно с образованием вулканогенно-осадочной и вулканогенной пачек за счет воздействия на осадки восходящих поствулканических фумарол. Интервалы, обогащенные пепловым материалом, представлены глинистыми, существенно монтмориллонитовыми титансодержащими породами, образовавшимися за счет разложения пепла на стадии сингенеза и раннего диагенеза. Лейкоксенизированные титанаты и монтмориллонит отличаются высокой сорбционной способностью, поэтому концентрация урана в подобных «глинизированных» породах объясняется их высокой сорбционной способностью и литологическим фактором.

Урановое оруденение представлено фосфатами (нингиоит), оксидами урана (настуран), урансодержащими полиэлементными гелеподобными стяжениями и сорбционными формами. Оно сформировалось в сероцветных на фронте желтоцветных, вторично восстановленных пород, в области пространственного совмещения окислительно-восстановительного и щелочно-кислотного барьеров, определивших концентрацию в зоне уранонакопления большой группы моно- и поливалентных элементов: Ni, Co, Cu, Zn, Mo, Y.

## **СПЕЦИФИКА ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, ОТРАБАТЫВАЕМЫХ МЕТОДОМ СПВ**

**А.А. Новгородцев<sup>1</sup>, В.И. Кокушев<sup>2</sup>, А.В. Доничев<sup>1</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия*

Опыт блочного моделирования гидрогенных урановых месторождений показал несостоятельность механического переноса методики блочного моделирования месторождений предназначенных для отработки традиционными горными способами (карьер или подземная отработка).

Впервые разработан алгоритм создания блочной модели в «столбчатом» варианте, адаптированной к месторождениям обрабатываемым способом СПВ и адекватной традиционному методу подсчета запасов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

А.А. Новгородцев<sup>1</sup>, В.Г. Мартыненко<sup>1</sup>, А.В. Гладышев<sup>2</sup>

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «Хиагда», г. Чита, Россия*

В предыдущей практике ГРР на Хиагдинском рудном поле создалась парадоксальная ситуация: – при наличии канонического представления о формировании уранового оруденения зоной грунтово-пластового окисления (ЗГПО) на восстановительном барьере, методика поисков и разведки его ориентировалась, главным образом, на структурно-морфологический критерий. Это локализация оруденения в базальной части осадочного горизонта в тальвегах палеодолин второго и третьего порядка.

Такой подход обуславливался сложностью картирования выклинивания ЗГПО в условиях вторичного ее восстановления и низким выходом керна или его полным отсутствием.

Однако, такой подход позволил эффективно и относительно малыми объемами выявить значительные запасы урана и сформировать крупный урановорудный район. Но это же привело к сужению площади поисков и значительной недоизученности рудного поля, а заложенное искаженное представление о морфологии рудных залежей вызвало осложнения при эксплуатационных работах в том числе не подтверждение запасов.

Полученные новые материалы разведочных работ и эксплуатации месторождений рудного поля позволяют с уверенностью констатировать следующее:

- современное положение уранового оруденения Хиагдинского рудного поля формируется развитием зоны грунтово-пластового окисления, претерпевшей частичное восстановление;

- ЗГПО в пределах ХРП развивается от Байсыханского поднятия в бортах Аталангинской и Амалатской палеодолин, имея непрерывную сложную заливообразную морфологию выклинивания в плане, обусловленную боковыми притоками названных палеодолин;

- зона окисления развивается во всех водопроницаемых комплексах пород:

- в коре выветривания гранитов и дезинтегрированной трещиноватой части гранитов палеозойского фундамента;

- в осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканогенных отложениях Нижнеджилиндинской свиты неогена;

- урановое оруденение в связи с выклиниванием ЗГПО формируется:

- в коре выветривания гранитного фундамента;

- в осадочных отложениях нижней подсвиты нижнеджилиндинской свиты;

- в вулканогенно-осадочных отложениях верхней подсвиты нижнеджилиндинской свиты;

- в вулканогенных отложениях верхнеджилиндинской свиты.

- рудные тела в разрезе на выклинивании ЗГПО имеют осложненную роллообразную морфологию, приобретая пластовую и стенообразную на встречных сближенных выклиниваниях;

- выклинивание зоны окисления на всём протяжении сопровождается урановым оруденением во всех вышеназванных подгоризонтах, параметры оруденения обуславливаются литолого-геохимической спецификой рудовмещающих отложений в области выклинивания;

- рудные залежи в плане, подчиняясь характеру выклинивания зоны окисления, имеют извилистую лентообразную морфологию, осложнённую заливами в мелких боковых притоках палеодолин (характерно для базального горизонта нижней подсвиты);

- в настоящее время на площади ХРП выклинивание ЗГПО и связанное с ним урановое оруденение, детально изучено лишь в базальных частях осадочных отложений нижней и верхней подсвит нижнеджилиндинской свиты. Это выполнено в верховьях выявленных главных палеопритоков Аталангинской и Амалатской стволовых палеодолин, на участках выклинивания ЗГПО близ тальвегов палеопритоков. Выклинивание зоны окисления отступающего к бортам в низовьях палеопритоков и бортам стволовых палеодолин, а также в верхних слоях осадочных отложений, практически не детализировалось.

Выполнение детализации в названных участках позволит значительно прирастить запасы урана в ближайших к разведанным и эксплуатируемым залежам.

Выклинивание ЗО и связанное с ним оруденение в вулканогенно-осадочных отложениях нижнеджилиндинской свиты на площади ХРП вскрыто единичными профилями скважин на некоторых месторождениях. Целенаправленное изучение названного рудовмещающего горизонта на площади всего рудного поля позволит выявить многоярусное оруденение в связи с выклиниванием ЗГПО не только в верховьях палеопритоков, но и в бортах Амалатской и Аталангинской стволовых палеодолин.

**ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ БЕЗРУДНОГО ПРОСЛОЯ,  
ВКЛЮЧАЕМОГО В ОБЪЕДИНЕННЫЙ РУДНЫЙ ИНТЕРВАЛ,  
НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА  
ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ)**

**В.К. Овсова**

*ЗАО «РУСБУРМАШ» ОСП «Иркутск», г. Иркутск, Россия*

При подсчете геологических запасов в гидрогенных месторождениях урана в качестве одного из кондиционных показателей используется лимит безрудного прослоя, включаемого в объединенный рудный интервал. Обычно этот лимит устанавливается «волевым» порядком, без учета геостатистических особенностей месторождения. Для месторождений ХРП эта величина равна 0.3 м.

В настоящем сообщении анализируются результаты оценки некоторых основных показателей месторождения в зависимости от мощности безрудного прослоя, включаемого в объединенный рудный интервал. Этот анализ выполнен для Хиагдинского, Источного, Количиканского, Дыбрынского и Намаруского месторождений ХРП. Для самого крупного из них, Хиагдинского месторождения, анализ выполнен для отдельных залежей: 1-7. Для каждого из месторождений использовались следующие лимиты безрудного прослоя (М): 0 (безрудных прослоев более 0.1 м нет), 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 и 5.0 м. Кроме того, анализировались два варианта учета содержания урана в безрудном прослое. По первому из них содержание урана в безрудном прослое принималось равным природному, определенному по результатам интерпретации ГК ( $C=C_{пр}$ ). По второму варианту содержание в безрудных прослоях принималось равным 0 ( $C=0$ ).

Анализируемые показатели получены из результатов интерпретации ГК всех разведочных скважин, пробуренных на приведенных выше месторождениях. Интерпретация ГК на всех месторождениях была выполнена по единой методике ( $K_{pp}=1.00$ ,  $C_{борт}=0.01\%$ , влияние тория и калия не учитывалось). В результаты ГК введены единые для всех месторождений поправки за влажность (13.5 % отн.), за отжатие радона ( $\Pi=1.10$ ) и поправки за поглощение в зависимости от конструкции скважины. Объединенные рудные интервалы формировались строго «по Когану»: среднее взвешенное на мощность содержание присоединяемых рудного и безрудного прослоев равно-больше бортового содержания, присутствие в объединенном рудном интервале так называемых «окон» – безрудных интервалов мощностью более допустимого лимита – не допускалось.

Сравнение различных вариантов обработки проведено по следующим показателям:

1. Количество выделяемых рудных интервалов.
2. Суммарная длина рудных интервалов.
3. Суммарный метропроцент рудных интервалов.
4. Среднее взвешенное содержание урана в руде.
5. Относительное изменение среднего содержания (% отн.) по отношению к варианту  $M=0$ .
6. Относительное изменение среднего содержания для вариантов  $C=C_{\text{спр}}$  по отношению к варианту  $C=0$ .
7. Относительное изменение суммарного метропроцента (% отн.) по отношению к варианту  $M=0$ .
8. Показатель сложности разреза.
9. Показатели 9-12 те же, что и 1-4 по отношению к безрудным интервалам.

В результате проведенного анализа показано, что в условиях ХРП использование даже варианта  $M=5.0$  приводит к ничтожным по отношению к варианту  $M=0$  погрешностям по суммарному рудному метропроценту. При этом за уровень ничтожной погрешности принимались 3.0%отн. (1/3 допустимой погрешности ГК). При этом значительно упрощается геометрическая форма рудной залежи (в плане и разрезе). Кроме того, из полученных результатов следует, что содержания в безрудных прослоях, включаемых в объединенные сечения, необходимо учитывать с учетом их природных значений. В проницаемых осадках такие интервалы будут несомненным дополнительным источником добываемого урана.

## **СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ УРАНА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ**

**Ю.В. Островский<sup>1</sup>, Г.М. Заборцев<sup>1</sup>, Д.Ю. Островский<sup>1</sup>, В.П. Исупов<sup>2</sup>**

*1 – Новосибирский филиал ОАО «ГСПИ» –  
Новосибирский «ВНИПИЭТ», г. Новосибирск, Россия  
2 – ИХТТМСО РАН, г. Новосибирск, Россия*

По данным [1] добыча природного урана на российских предприятиях покрывает менее 20% потребностей России, которые оцениваются в 20 тыс. т в год. Для ликвидации нарастающего дефицита урана ставится задача расширения минерально-сырьевой базы.

Источниками урана, которые в настоящее время не используются, могут быть урансодержащие воды бессточных озер Северо-Западной Монголии, Тувы и Казахстана, а также техногенные месторождения урана

– накопители (пульпохранилища) жидких радиоактивных отходов (ЖРО) предприятий атомной промышленности России.

Наиболее доступным источником урана в техногенных его месторождениях могут быть надилловые воды (декантаты), содержание в которых достигает 1-2 мг/л. Минерализованные воды бессточных озер, расположенных на территории урановорудных районов, содержат до 1-3 мг/ урана [2], кроме того, в этих водах присутствуют такие ценные компоненты, как Li, Br, Rb и В.

Методы осаждения и экстракции для извлечения урана из озерных и надилловых вод малоэффективны ввиду его низкой концентрации и высокого солевого фона, особенно в водах бессточных озер (до 20-30 г/л). Наиболее эффективным методом извлечения в данных условиях является сорбционный метод [2,3].

Сорбцию можно проводить как на промышленных ионитах, так и на синтезируемых в процессе извлечения урана одноразовых сорбентах-коллекторах.

В ходе исследований изучена сорбция урана из минерализованных вод на анионитах АМ-П, Purolite А-400, Purolite А-560 при  $pH > 7$  [2], а также из урансодержащих водных растворов на неорганических катионитах марки «Термоксид» Т-3А, Т-5 и Т-52 на основе гидроксидов титана и фосфатов циркония при  $pH < 7$  [3].

Определены ёмкости ионитов в статистическом и динамическом режимах, вычислены константы изотерм уравнений Фрейндлиха, подобраны режимы десорбции. Концентрация урана при десорбции из данных сорбентов достигает 60 мг/л, что сопоставимо с содержанием его в продуктовых растворах подземного выщелачивания.

Сорбентами-коллекторами урана могут быть и гидроксосоединения железа, полученные гальванохимическим методом [4]. В качестве гальванопары рассмотрена система «железо – кокс». В токопроводящем растворе железо поляризуется анодно и переходит в раствор, а кислород восстанавливается на катоде (углерод) до гидроксильных ионов без наложения тока от внешнего источника.

Образующиеся при взаимодействии катионов железа и гидроксид-ионов соединения железа комплексно сорбируют уран из раствора. Эффективность гальванохимической очистки достигает ~ 100 % при  $t = 20$  °С при  $pH_{исх} = 3,0-3,3$  [4]. Десорбция урана из железосодержащего гальваношлама эффективно осуществляется раствором карбоната аммония. Содержание железа в полученном растворе минимально.

Гальванохимический метод извлечения привлекателен низкой стоимостью используемых реагентов – отходов производства, таких как металлическая стружка, гранулированные чугуны, кокс, и графит.

Проведенные исследования показывают возможность применения методов гальванохимии и ионного обмена для эффективного извлечения урана из урансодержащих минерализованных вод и надилловых вод пульпохранилищ.

#### **Литература**

1. Бавлов В.П., Машковцев Г.А. Состояние минерально-сырьевой базы урана России и пути её развития /Тезисы II международного симпозиума «Уран: ресурсы и производство». М.:ВИМС. 2008. С.19.
2. Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Ляхов Н.З., Исупов В.П. Извлечение урана из минерализованных вод озера Шааазгай нуур (Монголия) //Химия в интересах устойчивого развития. 2012. Т. 20. № 6. С. 707-712.
3. Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Якобчук С. П., Александров А. Б., Хлытин А. Л. Селективное извлечение урана из сложных солевых систем на неорганических сорбентах // Радиохимия. 2010. Т. 5. № 1. С. 60-62.
4. Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Александров А.Б., Бабушкин А.В., Хлытин А.Л., Егоров Н.Б. Реабилитация техногенных водоемов урановых производств // Радиохимия. 2010. Т. 52. № 3. С. 260-263.

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ ПРИРОДНОГО УРАНА ПО ТРЕБОВАНИЯМ ASTM S 967 В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАКЦИОННОГО И СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА**

**В.А. Пеганов, И.Д. Акимова, Е.Ю. Мешков,  
Т.В. Молчанова, Е.В. Жарова, Р.С. Щипанова**  
*ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

Сложившаяся отечественная практика концентрирования природного урана при гидрометаллургической переработке руд заключается в двухступенчатой очистке растворов серноокислотного выщелачивания сорбцией из пульп и жидкостной экстракцией урана из десорбатов. Готовой продукцией является высокочистая закись-окись урана, соответствующая техническим условиям на данный продукт. Низкое содержание примесей позволяет направлять его на получение тетрафторида урана без дополнительной очистки.

Высокая себестоимость переработки руды диктует требования по сокращению затрат на переработку сырья. Ставится вопрос об исключении одной из стадий очистки, в частности экстракции, и получения более «грязного» рудного концентрата по требованиям стандарта ASTM-C967 с последующей экстракционной очисткой продукции различного происхождения, в том числе с участков ПВ на аффинажном предприятии. По такому принципу организованы зарубежные технологии, где первой

стадией концентрирования является не сорбция, а жидкостная экстракция с применением высокоселективного экстрагента триалкиламина.

При разработке технологии для руд Эльконского месторождения были проверены два варианта: 1 – прямое экстракционное извлечение урана из растворов выщелачивания с исключением стадии сорбции, 2 – исключение стадии экстракции с проведением процесса сорбции – десорбции урана подобно технологии ПВ.

Показано, что прямая экстракция урана из растворов по аналогии с зарубежными процессами с использованием ТАА невозможна без изменения состава экстрагента из-за наличия нитрат-иона в растворе выщелачивания, добавляемого в качестве пассиватора коррозии оборудования. В то же время, введение экстрагента Д2ЭГФК может понизить селективность извлечения урана по отношению к железу. Разработана система экстрагентов, обеспечивающая необходимую селективность.

Исключение стадии экстракции и получение концентрата необходимого качества из десорбатов требует введения дополнительных операций донасыщения сорбента и предварительной очистки от примесей.

Определены оптимальные условия осаждения урана из карбонатных реэкстрактов и десорбатов: равновесное значения рН 3,6-4,2, время перемешивания-1-1,5 часа, и 50%-100% избыток пероксида водорода от стехиометрического количества в зависимости от солевого состава раствора.

Установлено, что применение пероксидного осаждения урана взамен аммиачного и карбонатного позволяет гарантированно получать концентраты урана по требованиям ASTM-C967 в сорбционной схеме переработки, а в экстракционной схеме содержание примесей значительно ниже установленных стандартом норм.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МАСШТАБНЫХ УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ**

**М.Д. Пельменёв**

*ОАО «Сосновгео», г. Усть-Куда, Россия*

Проанализированы основные особенности геологического строения и ураноносности тестовых вулcano-тектонических структур (ВТС) Западного (Северо-Боргайская), Центрального (Акуинская) и Восточного (Тулукуевская) Забайкалья. Установлена их приуроченность к краевым частям сводовых поднятий в пределах структурно-формационных зон (СФЗ), образованных в процессе мезозойской тектоно-магматической активизации. Показана высокая идентичность геотектонических блоков,



вмещающих ВТС, и значительные отличия в геологическом строении самих вулcano-тектонических структур. Вследствии малого (500 – 800м) эрозионного среза СФЗ и прилегающих к ним территорий в пострудное (послемеловое) время большая часть локализованных в их пределах урановорудных объектов осталась не выведенной на современную поверхность. Именно это обстоятельство и является основной причиной низкой эффективности многолетних поисков крупных урановых месторождений в ВТС Забайкалья. Выявленных к настоящему времени многочисленные рудопроявления и небольшие месторождения следует рассматривать только в качестве индикаторов более масштабных урановорудных объектов «скрытого» типа, локализованных в благоприятных геолого-структурных обстановках на глубинах 500 – 800 и более метров от современной поверхности.

## **КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА ВНУТРЕННЕЙ ЧАСТИ СТРЕЛЬЦОВСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАЛЬДЕРЫ, ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РЯДА МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

**А.В. Петрин<sup>1</sup>, Н.А. Гребенкин<sup>2</sup>, А.Г. Ермаков<sup>1</sup>**

*1 – ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия*

*2 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Почти 50 лет продолжается изучение строения урановорудного феномена-Стрельцовского рудного поля (СРП) и его вмещалища – Стрельцовской (Тулукуевской) вулcano-тектонической структуры (ВТС) кальдерного типа. Описанию ее геологического строения и закономерностей локализации уранового оруденения посвящены многие работы известных геологов СССР и России. К ним, в первую очередь, относятся – Л.П. Ищукова, Ф.И. Вольфсон, В.И. Величкин, И.С. Модников, В.А. Головин, Г.И. Росман, И.В. Сычев, А.А. Ашихмин, А.К. Константинов и др.. Одной из последних печатных работ, посвященных моделированию структурных рудоконтролирующих обстановок Стрельцовского урановорудного поля и, в частности, впервые описавшая кольцевые структуры по геофизическим данным, является статья Голомолзина В.Е. и Маца Н.А (ФГУННПП «Геологоразведка»).

В настоящем докладе рассматриваются результаты визуального морфо-структурного дешифрирования разновысотных (высота от дневной поверхности 10-30 км) снимков космического зондирования дневной поверхности территории Стрельцовской ВТС, позволивших установить в ее внутренней части, в ее северной половине, крупную кольцевую

структуру (КС) площадью около 50 кв.км. Структура проявлена в виде системы дугообразных структурно обусловленных морфологических протяженных форм в рельефе поверхности, которые в совокупности образуют кольцевую структуру. КС имеет слабоовальную форму с диаметром 8.2 км по длинной оси, имеющей северо-восточное направление; длина короткой, северо-западной оси, составляет 7.8 км. В геологическом строении площади КС имеется ряд особенностей: – в северо-восточной части КС кольцевые разломы проявлены в гранитах фундамента, причем с относительно пологим падением (около 45 град.) в сторону кальдеры; – основная часть площади КС сложена покровными фациями поздемезозойских вулканогенно-осадочных образований платформенного чехла. В пределах площади КС вулканических пород жерловой либо субвулканической фаций пока выявлено не было, что не типично для аналогичных вулcano-тектонических структур. Этот факт затрудняет объяснение природы и механизм ее возникновения. Для площади КС характерно слабодифференцированное пониженное поле силы тяжести, соответствующее области максимального разуплотнения пород разреза, очертаниями своей границы в определенной степени подчеркивающее положение внешней границы КС; поле магнитной восприимчивости имеет противоположную тенденцию – оно отчетливо резко дифференцировано и подчеркивает блочность внутреннего строения структуры. Выявленная кольцевая структура пространственно не совпадает с кольцевой структурой, выделенной Голомолзиным В.Е. и Мацем Н.А., у которых она располагается в юго-западной половине кальдеры, но по масштабам и конфигурации близка к описываемой. Возможно между обеими кольцевыми структурами имеется пространственно-объемная связь – первая проявилась в приповерхностной части, вторая, фиксируемая по геофизике, отображает глубинную часть, а обе они являются частями единой кольцевой структуры, ставшей ядром Стрельцовской ВТС.

С пространственным положением выделенной авторами КС и ее внутренним строением в пределах ВТС коррелируется позиция 6-ти месторождений урана (Антей, Стрельцовское, Широндукуевское, Октябрьское, Лучистое, Мартовское) и 2-х рудопроявлений (Голубь и Подгорное) Стрельцовского рудного поля. Суммарные запасы урана перечисленных объектов составляют чуть более 50% от запасов рудного поля. Здесь так же располагается Стрельцовское флюоритовое месторождение. Характерная особенность позиции указанных месторождений заключается в том, что от центра КС к ее периферии меняется и позиция оруденения по отношению к разрезу вмещающих пород. Так в центральной части КС, к которой приурочены месторождения Антей и Стрельцовское, оруденение локализовано с максимальным вертикальным размахом как в породах фундамента (Антей), так и в вулканогенно-осадочных породах чехла, вплоть до верхних горизонтов

кальдеры(Стрельцовское). При удалении от центра рудные тела располагаются только в вулканогенно-осадочных породах чехла, при этом оруденение от центра к периферии приурочивается к породам соответственно от более ранних образований (в базальтах, трахидацитах нижних горизонтов (месторождение Октябрьское) к более молодым (верхние горизонты базальтов, фельзитов, конгломератов (месторождения Лучистое, Мартовское. Широндукуевское). Естественно, выявленная кольцевая структура требует дальнейшего геологического изучения. Но ее реальное существование значительно дополняет структурные прогнозно-поисковые критерии месторождений «стрельцовского типа». Детализация ее строения поможет в проведении прогнозно-оценочных работ в пределах Стрельцовской ВТС, проведение которых планируется в ближайшие годы.

## **МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАРКУ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТИПА НЕСОГЛАСИЯ В ПРЕДЕЛАХ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА**

**Ю.В. Петров, О.Н. Серова**

*РГЭЦ – филиал ФГУПП «Урангео», г. Санкт-Петербург, Россия*

Месторождение Карку располагается в юго-восточной части Балтийского щита на северо-восточном борту рифтогенного Пашско-Ладожского прогиба, выполненного субплатформенными рифейскими образованиями.

В структурном отношении месторождение приурочено к горстообразному поднятию раннедокембрийского фундамента, ограниченному ортогональной системой разломов. В пределах горста преобладают сжатые купольно-складчатые структуры, ядра которых сложены архейскими реоморфизованными гранито-гнейсами, а крылья и межкупольные синформы – нижнепротерозойскими гранитизированными биотитовыми и биотит-амфиболовыми гнейсами и сланцами, часто графитистыми. Гнейсы и сланцы специализированы на уран и содержат в среднем 4г/т урана, графит-содержащие разности – до 5,8г/т. В геофизических полях гранито-гнейсовые ядра характеризуются невысокими значениями плотности, низкими – магнитной восприимчивости, высокими – сопротивлению, а крылья и синформы – более высокими значениями плотности и магнитной восприимчивости, графитсодержащие породы – зонами высокой электропроводности.

Под купольно-складчатыми структурами залегают граниты рапакиви Салминского массива, грейзенизирующие и скарнирующие породы фундамента. В кровле фундамента развита площадная кора выветривания мощностью до 20-30м. На коре выветривания с резким структурным

несогласием залегают пестро-цветные песчаники с прослоями гравелитов и конгломератов, перекрытые покровами субщелочных базальтов.

Урановое оруденение в форме линзовидно-пластообразных залежей, прослеживающихся на сотни метров, обычно локализуется в базальном горизонте гравелито-песчаников непосредственно над поверхностью предрифейского несогласия, местами заходя в фундамент (первые метры) или располагаясь многоярусно.

На месторождении выделяются два основных этапа формирования уранового оруденения  $1405 \pm 76$  и  $1113 \pm 32$  млн. лет. Оруденение первого этапа представлено богатыми (до 1,5-16%) настурановыми рудами, локализованными в тёмно-серых до чёрных сульфид-хлорит-карбонатных метасоматитах по гравелито-песчаникам, гораздо реже по коре выветривания. Пространственно богатое оруденение проецируется на участки интенсивно тектонизированных биотитовых гнейсо-сланцев фундамента с высоким (до 10-15%) содержанием графита и сульфидов. Рядовое и бедное оруденение второго этапа представлено преимущественно коффинитом и локализуется в обломочных породах жёлтой, кремовой, белесой и зеленоватой окраски по всему разрезу терригенного рифея. На месторождении фиксируется обширный (15x4км) ореол привноса урана, совмещённый с ореолами Pb, Zn, Mo.

Основные критерии прогнозной оценки площадей и участков, перспективных для обнаружения урановорудных месторождений типа несогласия, разработанных на примере месторождения Карку сводятся к следующим. Для фундамента: наличие горстообразных поднятий древнего заложения с устойчивой тенденцией к относительному воздыманию, ограниченных долгоживущими зонами разломов; гранито-гнейсовые купольные структуры, интенсивно проработанные кремнещелочным метасоматозом, процессами грейзенизации, скарнирования и гидротермального рудообразования; наличие специализированных на уран пород с высокой долей его легкоподвижных форм; участки развития графитсодержащих гнейсов и сланцев; площадные и линейные коры выветривания латеритного профиля. Для рифейского чехла: наличие наложенных впадин, выполненных полого залегающими слабометаморфизованными отложениями рифея; базальная терригенно-обломочная толща со структурно-стратиграфическим несогласием, залегающая на складчатом архей-нижнепротерозойском фундаменте; проявление рифейской активизации, которая выражается в излиянии и внедрении базальтоидов и в подновлении и развитии ортогональной системы разломов; интенсивный площадной эпигенез, проявленный каолинизацией пород, затем серитизацией, карбонатизацией и хлоритизацией, сопровождаемых выделением сульфидов и урановорудной минерализацией на фоне обширных ореолов серо-цветного изменения пород; развитие обширных ореолов привноса урана, пространственно совмещённых с ореолами других элементов (Pb, Zn, Ag, Mo и др.),

ассоциирующих с ураном в околорудном пространстве. Часть критериев, как отмечалось выше, фиксируется с помощью геофизических методов.

С использованием сформулированного комплекса критериев на основе геолого-прогнозных работ масштаба 1:200000 «Невскгеологией» на территории Пашско-Ладожского прогиба было выделено 5 площадей (Салминская, Свирско-Оятская, Ново-Ладожская, Ириновская, Васкеловская), перспективных на выявление уранового оруденения типа несогласия. В юго-восточной части Балтийского щита в качестве перспективного выделяется Терский рифейский прогиб на Кольском полуострове.

## **ВИМС У ИСТОКОВ СОЗДАНИЯ АТОМНОГО ПРОЕКТА**

**И.Г. Печенкин**

*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Особую остроту в СССР проблема минерально-сырьевой базы урана приобрела в годы, когда теоретические разработки по изучению физики и химии атомного ядра трансформировались в практическое использование его энергии в военных целях. Важным шагом в ее решении стало Распоряжение Государственного Комитета Оборона № 3834сс от 30 июля 1943 года. В нем предписывалось создать при ВИМСе специальный сектор, на который возлагалось обобщение материалов по поискам, разведке и изучению радиоактивного минерального сырья, научно-методическое руководство этими работами и детальное минералогическое и технологическое изучение руд урана и других радиоактивных элементов. Для реализации этого задания ГКО в ВИМСе в августе 1943 г. был создан специальный сектор № 6. В этот период институт являлся единственной в СССР научно-исследовательской организацией, работавшей в области геологии, методики поисков и технологии переработки урановых руд. Задачи сектора № 6 не ограничивались научными разработками. При нем впервые были созданы производственные геологоразведочные экспедиции. Поиски урана в середине 40-х гг. начинались практически с чистого листа, и экспедиции ВИМСа явились настоящей кузницей кадров. В середине 50-х гг. непрерывно расширявшийся сектор № 6 был преобразован в Первое геологическое отделение института. В середине 60-х гг. для более глубокого и систематического изучения урановых месторождений в ряде районов страны были организованы круглогодичные станции ВИМСа. Для наиболее эффективного и согласованного решения важнейших научных и технических проблем в области геологии урана при ВИМСе в 1960 г. был создан межведомственный Координационный научно-технический совет по геологии урана (КНТС), в состав которого вошли представители всех

институтов, организаций и ведомств, занимающихся урановым сырьем. На протяжении 70 лет ВИМС в качестве головного НИИ отрасли участвовал и участвует в решении всего комплекса научных, практических и методических задач урановой геологии, в том числе в детальном комплексном изучении урановорудных объектов, создании научных основ, методологии и критериев прогноза, поисков и оценки урановых месторождений, в разработке и совершенствовании минералого-геохимических и аналитических методов изучения уранового сырья, технологий обогащения и переработки урановых руд, способов геотехнологических исследований, аспектов радиоэкологии и охраны окружающей среды. Институт постоянно осуществляет метрологическое и информационное обеспечение отрасли, подготовку кадров высокой и высшей квалификации. В исследованиях по урану, как и по всем другим профильным для института полезным ископаемым, использовался базовый для ВИМСа многоплановый комплексный метод изучения минерального сырья.

## **ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА ЕВРАЗИИ**

**И.Г. Печенкин<sup>1</sup>, Г.В. Грушевой<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Авторы поставили перед собой задачу показать связь крупных и уникальных инфильтрационных месторождений урана с “общей” металлогенией и рассмотрели материалы с позиции плитной тектоники и процессов геодинамики.

Наибольшее внимание привлекла субдукция плит, “ныряющих” под Евразийский континент, ибо этому процессу мы обязаны молодым (N-Q) крупным и уникальным инфильтрационным урановым месторождениям, эндогенным урановым месторождениям кальдерного типа мезозойского возраста. Краевая часть Евразийского континента, затронутая субдукцией, разделена авторами на ряд сегментов, каждый из которых характеризуется своей металлогенической специализацией. В трёх структурах – Средиземноморский и Индийский сегменты и Тихоокеанский пояс – инфильтрационные урановые месторождения оказались на внешнем затухающем фронте субдукции – и расположились в пределах области суборогена. Уникальные по масштабам инфильтрационные месторождения Чу-Сарысуйской и Центрально-Кызылкумской субпровинций, расположенные в пределах Индийского сегмента, не обнаруживают связи с эффузивами. Это может быть объяснено интенсивным поэтапным сжатием орогенного пояса (Памирского и Гималайского секторов), препятствующим

прорыву из астеносферы магматических флюидов. Авторы постулируют внешний источник урана для крупных и уникальных инфильтрационных месторождений урана, что подтверждается материалами по Центрально-Кызылкумской и Джегестай-Илийской металлогеническим зонам. В них так же, как и в Чу-Сарысуйской, основной (внешний) источник удалён от места локализации оруденения на расстояние от 500 до 800 км. Уран как самый подвижный элемент в рассмотренных сегментах продвинул дальше всех металлов в процессе орогенеза территории. Здесь он выходит на дневную поверхность в высокой области орогенов. Далее часть его остается на месте в виде эндогенных месторождений. Другая часть перемещается с пластовыми, грунтовыми и поверхностными водами в пониженные части рельефа, где и осаждается в пределах суборогена в крупных ОБ на выклинивании зон пластового окисления. При этом авторы не отрицают реального существования процесса выноса урана из местных областей питания. Наиболее полная металлогеническая зональность проявилась на затухающем фронте Тихоокеанского пояса. Здесь в восточной части Евразийского континента прослеживается следующий ряд от Тихого океана: 1) “рядовая минерализация” (Fe, Au, Sn, W и др.), 2) западнее к области континентального рифтогенеза тяготеют вулканогенно-тектонические структуры центрального типа мезозойского возраста (крупные кальдеры – Алданская, Стрельцовская, Дорнотская и Сайншаньская), контролирующие месторождения урана и других полезных ископаемых, 3) ещё западнее, в области затухания пассивной окраины, проявлены молодые инфильтрационные урановые месторождения. Все они образуют протяжённый меридиональный рудный пояс, обоснованный С.С. Смирновым в 1946 году. В его пределах авторами выделен *Байкало-Южно-Китайский урановорудный пояс*, контролирующий инфильтрационные месторождения урана, пространственно тяготеющие к областям базальтового магматизма.

Металлогеническая специализация отдельных регионов Евразии обусловлена коллизией и субдукцией плит, наступающих в мезозое и кайнозое на ее южное и восточное обрамление. Формирующаяся латеральная зональность специфична для каждого крупного блока земной коры, в пределах которого локализованы осадочные бассейны, вмещающие урановые месторождения, преимущественно тяготеющие к внешнему фронту коллизии.

## ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ВИТИМО-КАРЕНГСКОМ РАЙОНЕ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

П.А. Пешков<sup>1</sup>, М.К. Романова<sup>2</sup>

1 – ЗАО «Витимгеопром», п. Северный, Россия

2 – ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия

В 2012 году ЗАО «Витимгеопром» совместно со ВСЕГЕИ, «ВИМС», «ВНИИХТ», ООО «Геосигма» проводил поисковые работы на поверхностный тип уранового оруденения в Витимо-Каренгском районе. Поверхностное урановое оруденение локализуется в четвертичных аллювиальных и аллювиально-солифлюкционных отложениях речных долин бассейна реки Витим. Основные объемы работ выполнены на 4 участках: Каренгском, Орогочинском, Джилинда-Сайвакском и Кочковатом участках.

Гидрохимические исследования проведены на участках рудопроявлений урана Сиротинка и Орогочинское. Опробовались поверхностные воды главных водотоков р. Икэнгэ, р. Джелоун, р. Орогочи, р. Логочачи и др., а также мочажины и родники, принадлежащие к надмерзлотному водоносному комплексу. Всего изучено 135 точек наблюдения поверхностных водопунктов и родников.

Основной задачей, проведенных работ, являлось определение комплекса геохимических параметров вод ( $O_2$ ,  $H_2S$ , pH, Eh,  $t^{\circ}C$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{+3}$ ). Прослежена взаимосвязь между аномальными по радиоактивности участками и величинами Eh и pH и выявлены по гидрохимическим признакам участки благоприятные для поисков, установлены аномалии урановой природы, по щелочно-кислотным условиям связанные со слабокислыми и слабощелочными водами.

Содержания урана в водах изменяются в широком диапазоне от  $5,8 \cdot 10^{-8}$  г/л до  $5 \cdot 10^{-4}$  г/л. Самые высокие концентрации урана ( $3-5 \cdot 10^{-4} - 1-2,6 \cdot 10^{-5}$ ) определены в пробах из источников надмерзлотных вод рассеянного нисходящего типа на рудопроявлениях Сиротинка, Орогочи, аномалии № 31 и др. За пределами выявленных аномалий наблюдаются высокие значения и в поверхностных водах (источник, рудопроявление Орогочинское) – концентрация урана  $5 \cdot 10^{-4}$  г/л, т.н. 92-г-12 (левый борт р. Орогочи) – концентрация урана  $0,7 \cdot 10^{-5}$  г/л. Содержание урана в пробах из поверхностных вод бассейна р. Орогочи ( $n \cdot 10^{-6}$ ) на порядок выше, чем в реках на Каренгском участке (бассейн р. Сиротинка –  $n \cdot 10^{-7}$ , реже  $n \cdot 10^{-6}$ ).

В результате интерпретации полученных данных прослеживается взаимосвязь между значениями окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и полученными содержаниями урана в воде. Значения окислительно-восстановительного потенциала в зоне повышенных концентраций урана заметно снижаются. Зоны резкого понижения Eh



являются восстановительным геохимическим барьером для урана, где он может накапливаться до концентраций представляющих практический интерес.

Установлены ураноносные зоны, по своим щелочно-кислотным условиям связанные со слабокислыми и слабощелочными водами (интервал изменения рН 5.9-7.8), относящиеся к нейтральному и слабощелочному кислородному и к нейтральному и слабощелочному глеевому типу вод со значениями Eh от -19 до 322 мВ, по своим окислительно-восстановительным условиям принадлежащие к кислородным и глеевым водам.

Выяснено, что наиболее благоприятными для локализации экзогенного уранового оруденения являются нерасчлененные аллювиальные ( $a_4 Q_{III} - a_1 Q_{IV}$ ) и аллювиально-солифлюкционные ( $as Q_{III-IV}$ ) отложения, выполняющие долины рек второго и третьего порядка.

Разработанная методика гидрохимических исследований позволяет дополнять проводимый на площади комплекс поисково-оценочных работ. Целесообразно использование установленных закономерностей при дальнейших работах в Витимо-Каренгском урановорудном районе.

## **«МОЛОДОЙ» УРАН РОССИИ**

**П.А. Пешков, Ю.М. Суматов, М.В. Шумилин, Ю.Б. Миронов**  
*ЗАО «Витимгеопрот», п. Северный, Россия*

Месторождения так называемого «молодого» урана впервые привлекли внимание геологов еще в 80-е гг. Первые такие объекты были выявлены в США (штат Вашингтон) и Канаде (Британская Колумбия) еще в конце 70-х гг. Позднее они были выявлены в Швеции и Финляндии. Название «молодые» (young) они получили в связи с крайне небольшим, практически современным возрастом руд, в большинстве случаев характеризующихся еще не установившимся радиоактивным равновесием, резко смещенным в сторону урана. Благодаря этому, подобные месторождения плохо фиксируются радиометрическими методами, проявляясь в радиометрических полях лишь незначительными повышениями.

Эти урановые концентрации связаны с пойменными и озерно-болотными отложениями современных долин и встречаются в гумидных областях горно-лесной ландшафтной зоны, в пределах которых развиты коренные породы, с повышенным кларком урана (граниты, кислые вулканиты, метаморфиты). Их образование связывается с выщелачиванием урана из таких пород атмосферными водами и отложением его в четвертичных осадках за счет восстановления и, возможно частично,

сорбции органическими торфоподобными остатками и глинистым веществом. Месторождения локализуются у подножия склонов, слагаемых ураноносными коренными породами, т.е. на минимальном расстоянии миграции урана от первичного источника. Такая их приуроченность и слабая проявленность в радиометрических полях, как правило, определяли интерпретацию подобных аномалий при аэрогадметрических исследованиях, как солевых ореолов, не представляющих практического интереса.

Однако недавно, в Витимо-Каренгском районе, в бассейнах рек Сиротинка и Орогочи были установлены одноименные урановорудные объекты, с явно промышленными параметрами уранового оруденения. ЗАО «Витимгеопроект» совместно со специалистами ВИМСа были проведены технологические испытания руд на этих объектах и проведена их геолого-экономическая оценка. По ее результатам было доказана целесообразность их промышленной обработки. Одновременно поисковыми работами в районе рудопроявлений были выявлены многочисленные проявления «молодого» урана, детальное изучение которых, позволит создать минерально-сырьевую базу, достаточную для многолетней работы небольшого добычного предприятия с производительностью до 150 – 200 тонн урана в год.

Особенностью месторождений Каренгского района, выявленных в России, является их локализация в зоне вечной мерзлоты, определяющая приуроченность исключительно к слою сезонного оттаивания. Предполагается, что именно этот фактор, ограничивая область циркуляции ураноносных вод, определил их повышенное качество.

Наращивание ресурсного потенциала урана связывается с расширением поисков в пределах современных речных долин Витимо-Каренгского потенциально урановорудного района (ПУРР) Забайкалья на площади 26 тыс. кв. км. В результате анализа современных геологических данных здесь установлена совокупность благоприятных факторов (поисковые критерии и признаки) этого нового для России уранового оруденения «поверхностного типа». Поверхностное оруденение «молодого урана» может быть установлено целенаправленными работами и в других регионах России

Месторождения этого типа являются идеальной сырьевой базой для создания малых предприятий. Развитие этого направления могло бы способствовать росту производства урана в стране без участия государственного капитала.

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА В МЕТОДИКЕ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА УРАНОВЫХ РУД НА ПРИМЕРЕ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Э.М. Пинский

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Разработанная автором концептуальная физико-химическая модель концентрирования вещества в рамках термодинамики динамических процессов нацелена на анализ обстановок сопровождающих увеличение массы продуктов природных химических реакций или их естественное разрушение, деконцентрацию. Методические приёмы приложимости модели к формированию урановых месторождений апробированы на материале Стрельцовской вулканотектонической структуры (СВТС). Среди многочисленных факторов, определяющих условия концентрирования наиболее существенным является соотношение теплоёмкостей (способность вещества поглощать и сохранять тепло) двух взаимосвязанных компонентов рассматриваемых локальных рудных систем: 1 – минералов, формирующих руды и 2-минералов, формирующих среду рудоотложения, метасоматический ореол. В отличие от температуры и давления, являющихся интенсивными параметрами, не зависящими от количества или размеров системы, теплоёмкость является экстенсивным параметром, зависящим от массы и объёма. Условием концентрации удовлетворяет соотношение  $C_p > C_m$ , где  $C_p$  – теплоёмкость минералов рудной массы,  $C_m$  – теплоёмкость минералов метасоматического ореола. При  $C_p = C_m$  система достигает стабильности, насыщение её массой рудного вещества прекращается.  $C_p$  рассчитывается по формуле  $C_p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta T}$ , где  $d$  – удельный вес рудных минералов,  $\Delta P$  – градиент литостатических давлений (оценивается по плотностным характеристикам пород геологического разреза,  $\Delta T$  – градиент температур (оценивается по составу метасоматических ореолов). В качестве руководящего принципа использовано эмпирическое правило Г.Т. Волостных (1972): минеральный состав и объём рудосопровождающих ореолов метасоматических пород тесно скоррелирован с составом и объёмом рудных минералов в рудных телах. Наиболее ответственным моментом является определение границ метасоматических тел, тесно связанных с рудоотложением. Главной минеральной формой рудосопровождающего метасоматоза в осадочно-вулканогенной толще СВТС является гидрослюда, а в породах фундамента – альбит. Ограничительным параметром оконтуривания рудосопровождающих ореолов в осадочно-вулканогенных образованиях принято определённое количество гидрослюдяного минала (%) по результатам рентгеновского анализа ориентированных препаратов глинистых минералов. Мы

использовали 3 варианта расчёта -90%,70%,50% минала. Объём ореолов меняется, но меняется и концентрация в них урана. В итоге оценка запасов урана в осадочно-вулканогенной части СВТС в объёме 168 км<sup>3</sup>– 290 тыс. т, при содержаниях U ~0,2% подтверждается во всех 3 вариантах. Расчёт для фундамента (140 км<sup>3</sup>) основывался на оценке объёма альбит-гематитовых метасоматических тел оконтуренных с учётом содержания альбита >50% в шлифе и содержания Na<sub>2</sub>O в пробах >6%. Оценка запасов U в фундаменте – 97 тыс. тонн. Итого, суммарная величина теоретически оцененных запасов урана в месторождениях СВТС 387 тыс. т. Подобные расчёты не претендуют на точность, но демонстрируют возможности метода. Кроме того, в рамках проведенного анализа установлено, что наибольшие перспективы обнаружения новых залежей в фундаменте связаны с площадью, западнее Меридионального разлома, гипсометрически глубже окончания Аргунских залежей на 400 метров. Поиски аналогичного оруденения в глубоких горизонтах месторождения Антей представляются неэффективными. Вероятно, перспективен участок западнее Флюоритового разлома на расстоянии не более 1-1,5 км. Представляется перспективным также участок фундамента под лавобречиями базальтов вблизи от месторождения Новогоднее, в зоне разломов №2 и №3. Отсутствие у автора первичных материалов по геологическим разрезам ограничивает надёжность локального прогноза. Но в данном полезно вспомнить высказывание Л. Ландау «Важно не столько результат, сколько метод. Ибо с помощью метода можно получить много результатов».

## **ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ УРАНОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ХИАГДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

**Г.М. Польский, О.В. Мухина**

*ЗАО «РУСБУРМАШ» ОСП «Иркутск», г. Иркутск, Россия*

Месторождения Хиагдинского рудного поля приурочены к врезанным в древний фундамент палеодолинам, заполненным слаболифтифицированными делювиально-пролювиальными сероцветными отложениями миоцена и перекрытыми покровами базальтов.

Урановое оруденение образует линейно-ориентированные, ленто-пластообразные залежи, положение которых в плане соответствует форме русловых врезов ранних эрозионных долин, их ориентировка совпадает с осевой линией палеодолин. В местах сочленения с боковыми притоками образуются заливообразные расширения и раздувы. Ориентация залежей нарушается в пределах тектонических зон, где отмечаются сбросо-сдвиговые смещения опущенного крыла залежи относительно ее поднятой

части. В поперечном разрезе залежи имеют субгоризонтальное залегание, выклинивание их к бортам долин постепенное. Рудовмещающая толща представлена сероцветными осадочными породами. Литологически это пески, песчаники, гравелиты, гравийники, алевриты, супеси.

Рудные залежи слагают непрерывные тела протяженностью от 400 до 8200 м с усредненной шириной 40-300 м. Кондиционная часть залежи, как правило, окаймляется ореолом бедной урановой минерализации, который распространяется, как в продольном, так и поперечном, направлении.

В концентрации оруденения наблюдается отчетливая зональность и закономерная изменчивость рудной мощности и содержания урана – сосредоточение основной доли запасов в средней части залежи и симметричный характер распределения концентраций урана по ширине рудоносного русла с максимумом вертикального запаса в осевой части. По восстанию в верховьях долин выклинивание залежей происходит в зависимости от морфологии зон полного и частичного окисления. На участках расширения поперечного профиля русла до корытообразного, залежи приобретают пластообразную морфологию, имеют более выдержанные размеры по вертикали и рядовые параметры качества руд. Выклинивание по ширине происходит с постепенным уменьшением количества и мощности рудных интервалов. На участках слияния боковых притоков с основным руслом оруденение нередко отклоняется от осевой линии тальвега, параметры рудных залежей в устьевых местах достаточно резко изменяются как в лучшую сторону (площадное расширение залежей), так и в худшую сторону (снижение качества руды). Такое явление объясняется изменением фильтрационных свойств рудовмещающих отложений, в соответствии с резкой или постепенной сменой руслово-пойменной обстановки основного водотока фациями конусов выноса боковых притоков.

Рудная залежь обычно состоит из одного или нескольких сближенных рудных интервалов мощностью от десятков сантиметров до 20 м, разделенных прослоями пустых пород мощностью от 0,2 до 5,0 м. При оценке изменчивости параметров рудных интервалов использовались данные по сближенным сечениям скважин (скважины «бис» и кусты гидрогеологических скважин), расстояния между которыми составляет от 2,5 м до 15-20 м. Даже на таких расстояниях параметры рудных интервалов имеют значительные колебания. Средние содержания урана в рудных залежах колеблются от 0,027 до 0,458%, тогда как в рудных интервалах вариации содержаний более значимы (от 0,010 до 0,672%).

Часто при одинаковой общей мощности рудной залежи в двух соседних скважинах наблюдаются значительные колебания в мощности и содержаниях урана в отдельных рудных интервалах. Разница мощности рудных интервалов в соседних сближенных скважинах иногда достигает 1,5-2 м, а содержания урана – от 0,020 до 0,100%.

Также сближенные сечения иногда имеют различное строение. Так рудное сечение одной скважины представлено единым рудным

интервалов, то в соседней скважине наблюдается чередование маломощных рудных интервалов с прослоями безрудных пород.

Внутреннее строение залежей осложнено присутствием линз и прослоев непроницаемых и плохо проницаемых руд и пород мощностью от 0,2 до 2 м. Их количество в пересечениях, размеры, положение в вертикальных продольном и поперечном разрезах залежи, а также и по ее площади, непостоянны. Часто корреляции между соседними скважинами не наблюдается.

Рудные залежи залегают, в целом, согласно с напластованием и слоистостью осадочных пород и лишь на отдельных участках пересекают фациальные границы, в чем, по-видимому, находит отражение характер перемещения рудоформирующего фронта и изменения уровня грунтовых и пластовых вод в период рудообразования. Границы рудных залежей визуально не определяются, не имеют четких контактов и устанавливаются только по данным гамма-каротажа, радиометрического промера и опробования керна.

## **О ПОВЫШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАРОТАЖА НА УРАН ПО МГНОВЕННЫМ НЕЙТРОНАМ ДЕЛЕНИЯ С ДВУХЗОНДОВОЙ АППАРАТУРОЙ КНД-М**

**А.Л. Поляченко, Л.Б. Поляченко**

*ГФУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем», г. Москва, Россия*

Приведенные в нашем докладе материалы получены в рамках Проекта НИОКР «Разработка аппаратурно-методического каротажного комплекса нового поколения для прямых определений урана в скважинах методом мгновенных нейтронов деления». Заказчиком и инвестором Проекта является ЗАО «РУСБУРМАШ». Для реализации Проекта привлечены ведущие организации в этой области: «ВНИИА» им. Н.Л.Духова (Москва), «Геологоразведка» (С-Петербург), «ВНИИгеосистем» (Москва).

Согласно Техническому заданию «РУСБУРМАШа», целями Проекта являются:

1. Создание конкурентноспособного аппаратурно-методического комплекса (АМК) КНД-М с характеристиками, превышающими отечественные и зарубежные аналоги, в т.ч. с точностью и достоверностью оценки подсчетных параметров рудных по урану интервалов по требованиям ГКЗ;

2. Сертификация разработанных технических и метрологических средств и методики выполнения измерений в соответствии с требованиями ГКЗ и Ростехрегулирования РФ;

3. Превращение КНД-М в полноценный количественный метод скважинной геофизики, способствующее его широкому внедрению в практику геологоразведочных работ на уран.

В докладе систематически рассмотрены основные проблемы отечественного КНД-М, который реализован в аппаратурно-методических комплексах (АМК) типа АГА-101 «Импульс» ТСКУ-91 (ВИРГ/Рудгеофизика) и АИНК-60 (ВНИИА) на основе однозондовых приборов с детектором мгновенных нейтронов деления (МНД). Они идейно-методически и аппаратурно восходят к пионерским разработкам ВИРГ/Рудгеофизики 30-40-летней давности, в связи с чем успели устареть и не отвечают современным требованиям по точности, надежности, комплексности и технологичности.

Предложены и исследованы пути решения накопившихся проблем КНД-М, которые видятся в переходе к двухзондовым приборам с дополнительным зондом тепловых нейтронов для реализации импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК), создании полноценного количественного программно-интерпретационного обеспечения обоих зондов, качественному улучшению технических и методических характеристик этих АМК. Первыми примерами таких комплексов стали КНД-53 (ВНИИГИС-ВНИИГеосистем, 2005г.) и АИНК-48 (ВНИИА-Геологоразведка-ВНИИГеосистем, 2013г.). В ближайшие годы подобные АМК безусловно станут основными направлениями развития КНД-М. В докладе рассмотрены все аспекты развития двухзондовых АМК КНД-М – аппаратура, теория, методика, метрология, обработка и интерпретация. В качестве конкретных целей перевода КНД-М на современный уровень приняты: определение содержания урана и линейного запаса (метропроцента) с точностью на уровне геологического опробования; повышение технологичности и экономичности каротажа; применимость в урановых скважинах любых типов и диаметров; повышение геологической информативности метода за счет комплексности прибора – определения влажности  $W$  и глинистости  $K_{гл}$  пород.  $W$  важна для создания фильтрационной модели, а  $K_{гл}$  для выделения технологически забалансовых руд в плохопроницаемых глинистых породах.

Математически смоделированы с целью оптимизации различные возможные составы и конструкции нейтроно-детектирующих систем аппаратуры КНД-М (зонды МНД, ИННК и монитор). Критерием оптимизации служила минимизация влияния основной помехи – вариаций влажности  $W$  пород в диапазоне 10-25%, характерном для гидрогенных месторождений. Исследовано 2 способа минимизации влияния  $W$ : 1) его конструктивно-методическое подавление и 2) наоборот, измерение  $W$  с максимальной чувствительностью для ее корректного учета при оценке урана. С точки зрения аппаратуростроения оба способа 1 и 2 реализуемы, но 1 трудно, а 2 легко.

Разработан метод создания современного интерпретационного обеспечения КНД-М в виде расчетных баз данных интерпретационных зависимостей (БД палеток) показаний зондов от всех геолого-технических условий измерения: литологии пород, их влажности, типа и конструкции скважин, диаметра, толщины и материала обсадных труб и т.д. С его помощью построены БД палеток действующих (АИНК-60, КНД-53) и проектируемых (АИНК-48) приборов и разработан способ более точного,

поквантового учета влажности  $W$  рудных интервалов. По данным зонда ИННК с использованием априорных данных по анализу керн на нейтронопоглощающие элементы (бор, гадолиний и др.) предлагается способ оценки глинистости, с которой обычно ассоциированы эти элементы. Отмечается недостаточность системы метрологического обеспечения и методики измерений КНД-М, регламентированных инструкцией 1986г для аппаратуры ряда ТСКУ, и необходимость их изменения и дополнения с учетом современного развития метода.

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ВЕДУЩИХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ**

**А.А. Пуговкин, Ю.Б. Миронов**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

В связи с деструктивными процессами, произошедшими в стране в 90-е годы XX столетия, прекратила свое существование служба массовых поисков, осуществляющая контроль, учет и анализ работ на уран, проводившихся геологическими организациями, выполнявшими разномасштабные геолого-съёмочные, поисковые, инженерно-геологические и другие виды исследований.

Анализ материалов специальной изученности на уран территории Российской Федерации, в т.ч. по урановорудным провинциям с промышленными месторождениями урана (Алданская, Забайкальская) показал, что изначально сведения об их перспективности были получены при геолого-съёмочных работах масштаба 1:50 000 – 1:200 000, ГДП-200 и поисках на другие виды полезных ископаемых.

В соответствии с «Основными направлениями развития работ общегеологического и специального назначения по региональному изучению недр суши, континентального шельфа Российской Федерации, Арктики и Антарктиды на период 2030 года», утвержденными МПР России, в первоочередные работы планируется вовлечь площади основных горнорудных и экономически освоенных регионов Российской Федерации. В геологическом отношении это складчатые или платформенные районы с одно- и двухъярусным строением разреза и с достаточно высокой степенью геологической изученности. С целью выделения перспективных на уран площадей в их пределах предлагается осуществлять анализ имеющейся геологической, геофизической и геохимической информации, в том числе опережающих основ, при незначительном объеме дополнительных специализированных полевых прогнозно-



минерагенических исследований. Работы могут выполняться в рамках деятельности научно-редакционного Совета Роснедра при ВСЕГЕИ.

Планирование и рациональное размещение геолого-съёмочных и поисковых работ, в т.ч. разномасштабных аэрогеофизических, литогеохимических, гидрохимических и других возможно только на основе данных по ресурсной оценке площадей по категории Р<sub>3</sub>. Поэтому достоверная оценка ресурсного потенциала урана перспективных объектов ранга ураноносных зон, потенциально урановорудных районов, узлов и полей с использованием данных ранее проведенных массовых поисков и специальной на уран изученности, а на основе их анализа – выделение перспективных площадей для прогнозно-поисковых площадей масштаба 1:50 000 и крупнее, является крайне важной задачей.

Предполагаемые исследования должны включать:

- усовершенствование и адаптацию к современным условиям методических рекомендаций (указаний) по применению и комплексированию методов массовых поисков месторождений урана;
- создание базы данных по проявлениям урана, радиоактивным аномалиям и аномальным полям;
- интерпретацию и оценку достоверности результатов ранее проведенных аэропоисковых и гидролитогеохимических работ;
- разработку уточненных критериев рудоносности применительно к выделяемым рудоперспективным площадям;
- оценку степени проявленности рудоподготовительных и рудообразующих процессов на аномальных участках и проявлениях урана с определением их рудно-формационного типа;
- выделение площадей в ранге рудных районов и узлов, перспективных на выявление урановорудных объектов, на основе анализа проявленности критериев и признаков рудоносности и оценку их ресурсного потенциала по категории Р<sub>3</sub>;
- разработку рекомендаций по последовательному проведению прогнозно-поисковых работ различного масштаба с обоснованием видов, объемов работ и методике их проведения.

В результате анализа по каждому из объектов будет дана оценка перспектив выявления месторождений урана ведущих геолого-промышленных типов и подготовлены рекомендации по дальнейшему изучению.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РУДНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ СКВАЖИНЫМ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ С УЧЕТОМ МОЩНОСТИ ПУСТЫХ ПРОСЛОЕВ НА ОСНОВЕ ЛИТОЛОГО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУД**

**А.А. Руденко, А.А. Новгородцев, В.И. Красновский**  
*ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

При подсчёте запасов на месторождениях под отработку скважинным подземным выщелачиванием при сложившейся практике используется метод геологических блоков с проекцией на горизонтальную плоскость.

В 2012 г. было разработано ТЭО постоянных разведочных кондиций для группы месторождений Хиагдинского рудного поля, с утверждением их Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ Роснедра) Федерального агентства по недропользованию Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Одной из позиций кондиций принятых для подсчета балансовых запасов для условий отработки месторождений способом подземного скважинного выщелачивания является: «максимальная мощность прослоев безрудных пород, включаемых в контур подсчетного блока – 5 м».

Специфика процесса скважинного подземного выщелачивания требует оптимизации критерия параметра «мощности прослоев безрудных пород» при утверждении этого параметра в качестве кондиционного. В первую очередь здесь необходимо уточнение в виде «максимальной суммарной мощности прослоев безрудных пород».

При дифференциальной интерпретации гамма–каротажа рудоносные участки нередко оказываются сложенными частым чередованием элементарных интервалов, с содержанием урана более 0,01 %, разделенных многочисленными безрудными прослоями. В целях упрощения и сокращения цифровой информации, обычно осуществляют «сглаживание» первичных данных уже при интерпретации каротажа, объединяя в единые интервалы все дифференцированные рудные элементы, расположенные на расстоянии менее 0,3 м.

Пересечения рудоносного пласта скважинами могут включать серии таких рудных интервалов, разделенных прослоями безрудных пород, мощностью более 0,3 м. В практике подсчетов запасов серии сближенных интервалах обычно объединяют в сечения условных рудных залежей, иногда устанавливая с этой целью некоторый формальный критерий – максимальную мощность безрудного прослоя, при которой разделенные интервалы относятся к одному геологическому элементу залежи. Эта величина обычно выбирается как минимальное расстояние, при котором постановка отдельных фильтров технологически нецелесообразна. По опыту работ, в том числе и на Хиагдинском месторождении, в

соответствии с утвержденными кондициями максимальная мощность прослоев безрудных пород принимается равной 5 м.

Однако смысла в такой формализации процесса оконтуривания нет. Связывать творческую инициативу геолога при выделении и отображении в разрезах основных геологических элементов залежи, проводимом с учетом всей совокупности данных по смежным разрезам, литолого-фациальной характеристики пород и руд и так далее, не следует.

Концентрация урана в растворах при выщелачивании определяется прежде всего степенью разбавления объема, контактирующего с оруденением и объема, циркулирующего по породам, не несущим урановой минерализации. Мощность слоя пород в контуре растекания выщелачивающих растворов является «эффективной мощностью». При наличии ограничивающих водоупоров и относительно небольшой мощности проницаемого горизонта, эффективная мощность практически соответствует мощности этого горизонта. Однако, если мощность проницаемых пород достигает нескольких десятков метров, эффективная мощность может составлять лишь часть этой величины, зависящую от технологии и режима выщелачивания. Величина обозначает «действующую» или рабочую мощность проницаемых пород рудовмещающего пласта. При общей мощности таких пород до 15 м, циркуляция растворов происходит в пределах всей этой мощности. В пластах с большей величиной мощности проницаемых пород, где можно (и нужно) стремиться локализовать циркуляцию растворов в основном в рудной части разреза, величина действующей мощности должна определяться опытным путем при натуральных гидрогеологических и геотехнологических исследованиях.

Результаты натуральных гидрогеологических исследований и результаты контрольного бурения на блоках залежи X–5 Хиагдинского месторождения и опыт подземного выщелачивания в странах ближнего и дальнего зарубежья показали, что концентрация урана в растворах при прочих равных условиях зависит только от величины метропроцента и следовательно величина «максимальной суммарной мощности безрудных прослоев» должна определяться исходя из геотехнологических условий месторождения.

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА СКВАЖИНЫМ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ**

**А.А. Руденко<sup>1</sup>, А.В. Гладышев<sup>2</sup>, А.А. Новгородцев<sup>1</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «Хиагда», г. Чита, Россия*

Дифференциация урановых руд по продуктивности, столь типичная для залежей месторождений Хиагдинского поля предопределяет аналогичный подход к системам обработки эксплуатационных блоков.

Анализ динамики отработки эксплуатационных блоков на залежах Х-5 и Х-6 месторождения палеодолинного типа Хиагдинское позволяет в настоящий момент констатировать, что для литолого-геохимических условий месторождений Хиагдинского рудного поля (ХРП) не применимы системы вскрытия с большими расстояниями между рядами закачных и откачных скважин, так как это ведет к увеличению расхода кислоты и времени отработки.

Для оптимизации сети технологических скважин было проведено геолого-математическое моделирование процесса выщелачивания по среднестатистической залежи ХРП (продуктивность руды до  $7 \text{ кг/м}^2$ ), которое показало, что наиболее оптимальной сетью расположения скважин является: для рядной системы  $15 \times 30 \times 35 \text{ м}$ ; для гексагональной  $R=30 \text{ м}$ , при  $J/T = 4$  принятым в ТЭО кондиций для месторождений ХРП.

Контрольное бурение скважин на блоках залежи Х – 5 и анализ содержаний продуктивных растворов по блокам отработанным на 92 и 98% свидетельствует, что растворы содержат промышленно значимые концентрации урана (55-74 мг/л), позволяющие вести отработку еще не определенное время.

Одним из направлений повышения эффективности отработки руд на месторождениях ХРП является применение дифференцированной системы отработки, со сгущением расстояний между откачными и закачными скважинами на рудах с резко отличающейся продуктивностью до уравнивания одного из значимых параметров добычи – времени окончания отработки.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ХИАГДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА**

**В.П. Савинов<sup>1</sup>, В.В. Макшанинов<sup>1</sup>, Е.А. Крюкова<sup>1</sup>,  
М.Д. Носков<sup>2</sup>, М.В. Гуцул<sup>2</sup>, А.Г. Кеслер<sup>2</sup>, С.Н. Носкова<sup>2</sup>**

*1 – ОАО «Хиагда», г. Чита, Россия*

*2 – НИЯУ «МИФИ», г. Москва, Россия*

Основными задачами управления геотехнологическим процессом при разработке месторождений урана способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является повышение качества продуктивных растворов, увеличение темпов добычи и снижение расхода реагентов. Для принятия эффективных управленческих решений необходимо располагать информацией о процессе подземного выщелачивания, а также иметь возможность сравнивать различные варианты разработки месторождения. Для

этого целесообразно применение компьютерного моделирования на основе адекватной физико-математической модели добычи урана методом СПВ.

Для повышения эффективности управления геотехнологическим процессом был разработан специализированный программный комплекс «КУРС». Комплекс позволяет создавать геолого-математические модели продуктивного горизонта, технологические модели добычного комплекса, проводить компьютерное моделирование отработки технологических блоков и расчет геотехнологических показателей. Геотехнологическое моделирование основано на комплексной физико-математической модели согласованно описывающей гидродинамические и физико-химические процессы. Динамику процесса СПВ определяют: фильтрация жидкости и связанный с ней массоперенос, гидродинамическая дисперсия, растворение и переотложение урановых минералов в результате кислотно-основных процессов, нейтрализация кислоты рудовмещающей породой, комплексообразование, гомогенные и гетерогенные окислительно-восстановительные процессы. Результаты компьютерного моделирования визуализируются в виде картин распределения физических величин в продуктивном горизонте, зависимостей геотехнологических показателей отработки от времени и показателя ж/т.

Разработанный комплекс был применен для подготовки предложений по оптимизации отработки технологических блоков Хиагдинского месторождения урана. На первом этапе были построены геолого-математические модели участков продуктивного горизонта, соответствующих работающим блокам. Модели включают в себя распределения проницаемости, эффективной мощности, содержания кислотопоглощающих минералов, приведенного содержания урана, а также других величин, характеризующих состояние продуктивного горизонта. Распределения коэффициента фильтрации, эффективной мощности и содержания урана в продуктивном горизонте создавались на основе фактических данных разведывательных и технологических скважин интерполяционными и геостатистическими методами. На втором шаге были построены цифровые модели технологических блоков, включающие в себя расположение технологических скважин, режимы работы скважин и составы выщелачивающих растворов.

На основе, созданных геолого-математических моделей продуктивного горизонта и цифровых моделей блоков были проведены эпигнозные расчеты отработки блоков. Построены карты распределения урана в растворе и на породе, продуктивности, кислоты, сульфат-иона и др. в пределах рудовмещающего водоносного горизонта на текущий момент времени. Получены зависимости концентрации кислоты и урана в продуктивных растворах, степени извлечения урана, кислотоемкости, удельного расхода кислоты и других геотехнологических показателей отработки блоков от времени. На основе анализа структуры фильтрационных потоков выявлены неэффективно работающие технологические ячейки. Путем сравнения

результатов моделирования с фактическими данными отработки проведена верификация проведенных расчетов.

Для поиска наиболее эффективных технологических схем и режимов отработки были проведены многовариантные прогнозные расчеты эксплуатации блоков Хиагдинского месторождения. Оптимизация режимов отработки блоков достигалась за счет изменения дебитов технологических скважин, добурирования скважин, переключения скважин из нагнетания в откачку и наоборот. По результатам расчетов проводился сравнительный анализ различных вариантов отработки блоков. Оценка эффективности предлагаемых решений осуществлялась путем сравнения геотехнологических показателей для различных вариантов отработки на одинаковые моменты времени. На основе анализа были подготовлены рекомендации по выбору оптимальных режимов эксплуатации, определены значения основных геотехнологических показателей отработки (средняя концентрация урана в продуктивных растворах, ж/т отработки, оставшиеся запасы урана в продуктивном горизонте, кислотоемкость, удельный расход кислоты и др.) на заданную степень извлечения и получены графики производства продукции. Согласно результатам моделирования, сделанные предложения позволят повысить качество продуктивных растворов, снизить расход реагентов, уменьшить время и значения показателя ж/т отработки блоков.

## **НОВЫЙ ТИП УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТОРГОЙСКОЙ ПЛОЩАДИ**

**И.С. Самгин-Должанский, С.И. Мельников,  
А.В. Курбатов, Н.И. Чистякова, В.В. Ружицкий**  
*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Торгойская площадь расположена в западной части Чаро-Олёкминского блока Алданского щита. В мезо-кайнозойское время тектономагматическая активизация региона привела здесь к становлению щелочного магматогенного Мурунского массива юрско-мелового возраста. Положение массива определяется его приуроченностью к узлу пересечения долгоживущих многошовных тектонических зон СВ (Атбастах-Торгойской) и СЗ (Кеме-Кебектинской) простираний. Массив вмещают архейские породы гранит-метаморфического фундамента и терригенно-карбонатного плитного комплекса верхнерифейского и венд-кембрийского возрастов. Особенностью массива является постмагматический ультракалиевый процесс фенитизации, приведший на отдельных участках к преобразованию, как вмещающих, так и гипабиссальных пород ранних фаз становления массива. На периферии

массива, во вмещающих карбонатных породах отмечены процессы скарирования.

В металлогеническом отношении район характеризуется разноплановой, в том числе, щёлочноземельной, благородно-метальной, ториевой и урановой минерализациями. Предшествующими работами установлено, что оперяющие разрывные структуры Атбастах-Торгойской зоны контролируют высокотемпературное ториевое и уран-ториевое оруденение (кварц-полевошпат-эгириновая стадия), гидротермалиты среднетемпературных стадий с торий-урановым (кварц-барит-флюоритовые жилы) и собственно урановым оруденением, локализующимся в кварц-флюорит-сульфидсодержащих прожилках. Уранинит-настуран-сульфидная ассоциация имеет практическое значение и формирует Торгойское урановорудное месторождение с запасами 4,7 тыс. т. при среднем содержании металла 0,17%, которое на сегодняшний день относится к категории забалансовых.

Горными работами последних лет на востоке массива, сложенного здесь фацией щелочных эгириносодержащих сиенитов, в его экзоконтакте с терригенно-карбонатной толщей рифея вскрыто оруденение с иным характером урановой минерализации. Формируя рудное тело, и вне его пределов, в ранге аномалий, концентрации урана приурочены к контактово-измененным (скарнированным и фенитизированным) сиенитам, доломитам и песчаникам. В составе контактово-измененных пород в переменных количествах, в зависимости от вмещающей среды, присутствуют эгирин, диопсид и иные моноклинные пироксены, микроклин, флогопит, тремолит, флюорит, сфен, стронцианит, а также стронций содержащие апатит, кальцит. Рудные минералы представлены, в основном, магнетитом, пиритом, пирротинном, галенитом, молибденитом.

По результатам гамма-спектрометрического опробования, проведенного БФ «Сосновгеология», рудное тело по сечению вскрывшей его канавы характеризуется параметрами  $5\text{мх}0.144\%$  урана. Содержания тория в контурах тела незначительны и по нашим данным максимально достигают 0.01%. Помимо урана, как в рудном теле, так и за его пределами, в контактово-измененных породах отчетливо фиксируется значительное повышение содержания циркония, достигающее в отдельных штучных пробах 6-12%.

Высокорadioактивные образцы изучены с применением локального лазерного анализа и просвечивающей электронной микроскопии. Цирконий сосредоточен в цирконе нескольких генераций, а также в минералах, отвечающих по составу бадделеиту  $\text{ZrO}_2$ , вейдиту (вадеиту)  $\text{K}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]$  и вёлериту  $\text{Ca}_2\text{NaZr}[(\text{F}, \text{OH}, \text{O})_2\text{Si}_2\text{O}_7]$ . По данным микрозондового анализа, содержание урана в цирконе ранней генерации в среднем составляет 1.66% (16 анализов), в цирконе более поздней генерации 0.96% (44 анализа), в велерите 0.26% (13 анализов). Вейдит, за

редким исключением, уран не содержит (13 анализов). Данные по урану в бадделеите единичны, концентрации колеблются от 0 до 4%.

По наблюдениям наиболее ранним является метамиктизированный циркон, затем, в порядке последовательности, отлагались мелкозернистый, практически с идеальной кристаллографической огранкой, тонкозернистый циркон, потом вёлерит и последним – вейдит, сопровождавшийся переотложением стронций содержащего кальцита. По совокупности наблюдений предполагается, что уран изоморфно входит в состав цирконов и, возможно, вёлерита.

Помимо этого, в пределах рудного тела установлена собственно урановая фаза, представленная микронной по размерам вкрапленностью оксида урана, который, с применением электронной микроскопии, микродифракционно идентифицирован как уранинит. Уранинит в виде хорошо морфологически оформленных зерен локализован в цирконах, вёлерите, вейдите, флогопите, стронций содержащих кальците и апатите и, по-видимому, отложен в конце высокотемпературного процесса преобразования пород.

Оруденение отнесено к уран-циркониевому типу, не известному ранее на данной территории. Подобное оруденение описано в литературе для района щелочного массива Посус-ди-Калдас на Бразильском щите, где ураноносным является ряд минералов – силикатов циркония.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ОАО «ХИАГДА» В ВИТИМСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ УЧАСТКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ФОНДА**

**Д.А. Самович<sup>1</sup>, А.Д. Коноплев<sup>2</sup>**

*1 – БФ «Сосновгеология» ФГУПП «Урангеологоразведка», г. Иркутск, Россия*

*2 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Предприятие ОАО «Хиагда» обеспечено запасами распределенного фонда  $C_2$  32 223 т и нераспределенного – 6 429 т (месторождение Тетрах). Это обеспечивает его деятельность в течение 15-18 лет при добыче 2000т урана, что недостаточно для стабильной деятельности предприятия, учитывая, что в среднем, на месторождении, 15% запасов относится к технологическому забалансу, а по результатам опытной добычи в 2009 году, определено, что 25% урана относится к неизвлекаемым запасам.

В результате проведенных работ в конце прошлого столетия экспедицией 130 Сосновского ПГО и БФ «Сосновгеология» с 2003 по 2012гг на Амалатском плато Витимского плоскогорья выявлен рудный район и создана минерально-сырьевая база для добычного предприятия с



запасами  $V+C_1 - 6897\text{т}$ ,  $C_2 - 39\ 372\text{т}$  и суммарными прогнозными ресурсами категории  $P_1 - 43354\text{т}$  и  $P_2 - 94\ 160\text{т}$ , которые локализованы в четырех рудных узлах в том числе: Центральный РУ:  $V+C_1$  в количестве  $6897\text{т}$ ,  $C_2 - 34802\text{т}$ , прогнозные ресурсы категории  $P_1 - 15\ 277\text{т}$  и  $P_2 - 19\ 000\text{т}$ ; Западный РУ:  $P_1 - 15\ 243\text{т}$ ,  $P_2 - 27\ 700\text{т}$ ; Северный РУ:  $P_1 - 5006\text{т}$ ,  $P_2 - 25\ 960\text{т}$ ; Восточный РУ:  $P_1 - 6\ 674\text{т}$ ,  $P_2 - 18\ 500\text{т}$ ; Южный РУ:  $C_2 - 4\ 570\text{т}$ ,  $P_1 - 1\ 154\text{т}$ ,  $P_2 - 3\ 000\text{т}$ .

На 01.01.2012 года прогнозные ресурсы для выделенных рудных узлов, за пределами участков, находящихся в распределенном фонде, составляют  $P_1-38398\text{т}$ ,  $P_2-104\ 160\text{т}$ ,  $P_3-40000\text{т}$ , что отражает высокий ресурсный потенциал района и позволяет планировать поисковые и поисково-оценочные работы. Кроме того, в Витимском районе находится месторождения, которые целесообразно включить в Программу лицензирования: Имское с запасами  $C_2$ , учтенными Гос. Балансом в количестве  $23\ 553\text{т}$  и с прогнозными ресурсами  $P_1 - 64\ 846\text{т}$  и Сайжеконское с запасами урана в авторском варианте  $C_2 - 4960$  тонн при среднем содержании  $0,038\%$ .

*В Центральном рудном узле* для лицензирования и постановки разведочных работ подготовлены Тетрахское месторождение с поисковым участком между Харайским выступом и Тетрахским месторождением и Джилиндинское месторождение, вместе с Олон-Джилиндинским и Лево-Джилиндинским рудопроявлениями.

*Западный рудный узел* является первоочередным для постановки поисковых (Аталангинский участок), оценочных (рудопроявления Аталангинское, Борокченское, Сихилинское) и разведочных (рудопроявления Дулесма, Красное) работ, так как в пересчете на условные  $C_2$  суммарные запасы рудного узла могут быть оценены в количестве  $14,6$  тыс.т.

*В Северном рудном узле* в настоящее время открыт Баркасунский участок на северном склоне Центрального поднятия с группой палеодолин с кондиционным оруденением (Баркасунские, Якугдинские) и структур, перспективных на его выявление (Укикитские и др.). На южном склоне Северного поднятия, в  $15$  км от Баркасунского участка, выделен для поисково-оценочных работ Кулариктинский участок, включающий рудопроявление Эмкэрсэ (5 залежей) с ресурсами  $P_1 - 1736$  т.,  $P_2 - 7$  тыс. т. И рудопроявление Куларитка (3 залежи) с ресурсами  $P_1 - 1520$  т.,  $P_2 - 3$  тыс. т

*В Восточном рудном узле* для постановки поисковых работ и оценки подготовлены рудопроявления Иминское и Дутакитское с суммарными прогнозными ресурсами категории  $P_1- 3722\text{т}$  и  $P_2 - 7\ 500\text{т}$ , для поисковых работ – Антасейская площадь, расположенные восточнее месторождения Количикан и позволяющие расширить Хиагдинское рудное поле еще на  $20-25\text{км}$ .

*В южном рудном узле* в нераспределенном фонде находится Родионовское месторождение, с запасами в авторском варианте  $C_2\ 4570\text{т}$

при бортовом содержании 0,01% и среднем – 0,045%. Многолетняя мерзлота распространяется до глубины 40-50м и 1801 тонна запасов для СПВ представлет технологический забаланс.

*Таким образом,* для лицензирования и разведочных работ подготовлены Тетрахское месторождение с поисковым участком между Харайским выступом и Тетрахским месторождением, Джилиндинское месторождение, с Олон-Джилиндинским и Лево-Джилиндинским рудопроявлениями, рудопроявления Дулесма, Красное и месторождение Родионовское. Для оценочных работ подготовлены рудопроявления Иминское и Дутакиское. Суммарный ресурсный потенциал объектов для лицензирования:  $C_2$  – 12 675т; прогнозные ресурсы категории  $P_1$  – 20 482т и  $P_2$  – 19 500т

Проведение поисковых и оценочных работ позволит создать достаточно крупный добычной центр западнее месторождения Дыбын на базе детально опоискованных рудопроявлений Дулесминское, Красное и менее изученных – Эрен, Баркасунского, Якугдинского, Аталангинского, Борокченского и Сихилинского, а так же расширить к востоку Хиагдинское рудное поле за счет Иминского и Дутакинского рудопроявлений и к западу – за счет Тетрахского.

## **УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ВЕЩЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРАНОВЫХ РУД НА ПОВЕРХНОСТИ БАРУН-УЛАЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (АКУИНСКАЯ ВТС)**

**А.Р. Сафонова, Л.В. Чесноков, Р.Е. Рудаков**  
*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Барун-Улачинское месторождение находится в юго-восточной краевой части Акуинского прогиба, входящего в состав Даурского района. Акуинский прогиб расположен на сочленении двух крупных структур Центрального Забайкалья: Агинского палеозойского поля на востоке и геоантиклинальной области пермо-триасового магматизма на западе. В геолого-структурном отношении Акуинский прогиб представляет собой сложную мультислойную вулканотектоническую структуру площадью около 300 км<sup>2</sup>.

Барун-Улачинское месторождение было изучено в начале 70-х годов прошлого века Сосновской ПГО и оценено как мелкий объект с ресурсами 1100 т при содержании урана 0,121%. Позиция месторождения определяется приуроченностью к острому углу сочленения Пограничного разлома, ограничивающего Акуинскую ВТС, и Быркетуйской зоной разломов субмеридиональной ориентировки синвулканической природы

заложения. Потоки риолитов, относимых к фельзитовой толще, залегают на площади месторождения непосредственно на конгломератах или покровах вулканических брекчий андезитов, слагающих основание вулканогенного разреза Акуинской ВТС. В северной краевой части площади Барун-Улачинского месторождения установлены образования дацитовой толщи, характеризующейся относительно гетерогенным разрезом и мощностью первые сотни метров.

На месторождении предполагается наличие рудной залежи, типа пологого штокверка, в основании потока на глубинах 70-250 м и минерализованных крутопадающих трещинных зон, в том числе выходящих на современную поверхность. По данным Сосновского ПГО в качестве первичных урановых минералов определяются настуран, а также ненадкевит и аршиновит; вторичных – уранофан, казолит, отенит; сопутствующих – пирит, арсенопирит, галенит и молебденит. Соответственно, для урановых руд определяется следующий геохимический спектр: свинец, цирконий и мышьяк – 0,3-1%, барий, бор и сурьма – 0,03-0,1%, цинк, вольфрам и бериллий – 0,01-0,03%.

На поверхности Барун-Улачинского месторождения можно выделить три типа вмещающих пород. Риолиты (фельзиты), в частности, содержащие единичные сфероиды, слагают верхи потока, мощность которого составляет более 100 м; выше залегают брекчиевые разности, представляющие собой пемзовую маломощную корку потока; последние сменяются туфами и туффитами плотно облика.

Среди пемзовых брекчий кровли потока прослеживается субширотная зона с пологим падением на юг. Среди пепловых туфов и туффитов, перекрывающих пемзовые (сферолитовые) брекчии, отмечается многошовная зона преимущественно крутопадающих разрывных нарушений субмеридиональной ориентировки. При этом намечается её затухание среди пемзовых брекчий. По данным радиометрии наибольшие урановорудные концентрации размещаются в пределах и непосредственно по обрамлению крутопадающей и пологой зон разрывных нарушений.

По данным радиографии определяется гнездово-вкрапленный, реже тонкопрожилковый характер распределения урановой минерализации. Рентгенографическим анализом установлено присутствие в пробах вторичных урановых минералов: студтита, мета-ураноцирцита, уранофана, мета-ураноспинита и отенита. В качестве сопутствующих минералов отмечаются слоистые алюмосиликаты (смектиты): монтмориллонит, монтмориллонит-иллит и иллит.

Анализ проб на микрозонде показывает присутствие в пепловых туфах и туффитах урансодержащих силикатов циркония и ураноспинита, а в катаклазированных риолитах – отенита, уранофана и ураноспинита.

Судя по содержаниям петрогенных окислов, урановое оруденение обнаруживается в породах, не подвергнутых интенсивным поствулканическим изменениям типа кислотного выщелачивания. В

химическом составе рудных образований, особенно в богатых рудах, обнаруживаются повышенные содержания  $P_2O_5$ , F и S при сохранности  $Na_2O$ .

Богатые и рядовые урановые руды характеризуются близким поведением кларков-концентраций с более высокими значениями кларка-концентраций в богатых рудах. Для этих двух типов руд в качестве рудосопровождающих элементов (кларк-концентрации около 100 и выше) определяются мышьяк, сурьма и цирконий с гафнием. К характерным элементам (кларк-концентрации около и выше 10) относятся свинец, вольфрам, таллий, а также иттрий. В бедных рудах необычным являются пики кларков-концентраций сурьмы и свинца, нарушающих график поведения пониженных кларков-концентраций. Возможно, это указывает на проявление не только урановой, но и полиметалльной минерализации на Барун-Улачинском месторождении.

Из рудосопровождающих элементов для ореольных построений можно использовать концентрации мышьяка. Ореолы мышьяка во многом совпадают с ореолами урана, но уступают последним по площади развития.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАРГУЗИНСКОЙ ВПАДИНЫ**

**А. В. Сащенко<sup>1</sup>, С.А. Дзядок<sup>2</sup>**

*1 – ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

*2 – БФ «Сосновгеология» ФГУПП «Урангеологоразведка», г. Иркутск, Россия*

Баргузинская впадина является частью Байкальской рифтовой зоны, которая прослеживается от Байкальского до Муйско-Куандинского грабена и заложилась в результате неогеновой тектоно-магматической активизации по системе долгоживущих разломов северо-восточного простирания. Она обрамляется Баргузинским и Икатским хребтами, сложенными специализированными на уран ( $4-8 \cdot 10^{-4}$  %) позднепротерозойскими и палеозойскими гранитоидами Баргузинского и Витимканского комплексов. Преобразование гранитоидов процессами корообразования обусловило перевод урана в легкоподвижную форму.

Структурный план впадины, определяется тектоническими нарушениями северо-восточного, меридионального простирания (разломы 1-го порядка), и системой северо-западных – субширотных разломов (второго порядка). В ее пределах, сформировалось несколько крупных локальных впадин, а в прибортовой части рельеф фундамента характеризуется мелкоблоковым, «клавишным» строением.

На раннем этапе активизации, заложилась узкие грабеноподобные структуры, субперпендикулярно юго-западному борту впадины,

выполненные первично желтоцветными пролювиально-аллювиальными валунно-галечными отложениями, мощностью до 60 м. Этап накопления грубообломочным отложений сменился компенсированным проседанием впадины в условиях равнинного ландшафта, в результате чего накапливались первично сероцветные, хорошо сортированные песчано-глинистые и диатомовые озерные отложения, общей мощностью до 100 м. Их накопление происходило во всей впадине, включая ее прибортовую часть. Новый этап тектонической активизации проявился в четвертичное время, что привело к накоплению галечно-валунных желтоцветных отложений, мощностью в прибортовой части до 100 м.

Среди первично сероцветных отложений установлено несколько уровней маломощных зон поверхностного окисления, которые маркируют перерывы в осадконакоплении. В результате четвертичной активизации появились условия для активной гидродинамики и соответственно инфильтрации кислородных урансодержащих вод, что привело к образованию зон пластового окисления. Они формировались только в проницаемых отложениях поднятого блока, в узких долинах, осложняющих борта впадины, и отсутствуют в примыкающих к ним опущенных блоках, где отсутствовали условия для активной гидродинамики около бортов. В дальнейшем, окисленные породы претерпели вторичное восстановление, в результате чего приобрели белесый цвет, но сохранились реликты псевдоморфоз железа по железосодержащим минералам (шамозит, биотит).

На контакте белесых и сероцветных пород выявлены редкие аномальные интервалы с содержаниями урана от 0,01 до 0,3 %. При изучении на электронном микроскопе серых глин установлено, что урановая минерализация представлена изометричными образованиями настурана и призматическими коффинита, размером до 50 мкм, характеризующейся, как правило, дефектными кристаллическими структурами.

О молодом возрасте оруденения и его перераспределении за последние 500 тыс. лет свидетельствуют вариации КРР от 0,7 до 1,5, а также отношение  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$  2,9 и 0,7.

Несмотря на отсутствие положительных результатов по выявлению инфильтрационных месторождений урана, по результатам бурения, литолого-фациального анализа намечены литолого-структурные обстановки благоприятные для экзогенно-эпигенетического рудообразования:

1. Области смены первично желтоцветных отложений узких грабенных, осложняющих фундамент впадины, первично сероцветными.
2. Область смены эпигенетически измененных отложений первично сероцветными, на поднятых блоках и в узких долинах в прибортовой части впадины.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ВОСТОЧНЫЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ» –  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**А.Г. Сорокин, В.Н. Пухальский, В.В. Синчук**  
*ГП «ВостГОК», г. Желтые Воды, Украина*

Украина обладает мощной сырьевой базой разведанных до промышленных категорий месторождений урана. Основу сырьевой базы ядерной энергетики составляют крупные месторождения, находящиеся в Кировоградской области.

Главным промышленным типом урановой руды в Украине является метасоматический – 98% общих запасов. Песчаниковый тип составляет 2% запасов.

Все промышленные месторождения метасоматического типа сосредоточены на территории размером 80×20 км в пределах Кировоградской области. Регион характеризуется развитой сетью транспортных магистралей, налаженными системами энергоснабжения, благоприятным климатом и высокой обеспеченностью рабочей силой.

По степени промышленного освоения выделяются две группы месторождений:

1. Месторождения, находящиеся в промышленной эксплуатации.
2. Месторождения, планируемые к отработке после 2025 года.

К первой группе относятся Мичуринское, Центральное (Восточная зона), Ватутинское, Новоконстантиновское месторождения. Суммарные запасы урана по названным месторождениям составляют около 110 тысяч тонн.

Ко второй группе относятся Северинское (вместе с Подгайцевским участком), Центральное (Западная зона). Суммарные запасы урана по названным месторождениям составляют около 98 тысяч тонн. Кроме того, к этой группе относится Сафоновское месторождение урана песчаникового типа с незначительными запасами -3 тысячи тонн.

Практически все промышленные месторождения Украины первой и второй групп, за исключением Сафоновского и Центрального (Восточная зона), по запасам урана являются крупными – первоначальные запасы урана более 20 тысяч тонн.

Нижняя граница промышленных руд установлена на глубине до 1300 м, верхняя – от 50 до 100 м от дневной поверхности. Морфология рудных залежей сложная, границы рудных тел устанавливаются исключительно по данным опробования. Мощности рудных залежей колеблются от 2 до 100 м, протяженность по падению и простирацию достигает нескольких сотен метров.

Руды представлены крепкими скальными породами. Водоприитоки в горные выработки незначительны – от 300 до 600 м<sup>3</sup>/час. Рудная

минерализация представлена, в основном, уранинитом, настураном и браннеритом.

ГП «ВостГОК» обрабатывает 4 месторождения – Мичуринское, Центральное (Восточная и Западная зоны), Ватутинское, Новокопстантиновское.

Стратегической задачей ГП «ВостГОК» является увеличение объемов производства концентрата природного урана до уровня, обеспечивающего 100% потребности ядерной энергетики Украины в природном уране. Решение этой задачи достигается за счет двух направлений:

1. Поддержание существующего объема производства на Мичуринском, Центральном (Восточная зона), Ватутинском месторождениях на уровне 700-800 тонн.

2. Увеличение производства концентрата природного урана из руд Новокопстантиновского месторождения до 2500 тонн урана в год.

Поддержание существующего объема производства на Мичуринском, Центральном (Восточная зона), Ватутинском месторождениях происходит в условиях ухудшения качества сырьевой базы, увеличения глубины отработки, роста цен на энергоресурсы, материалы и реагенты. В связи с этим реализуются подходы, позволяющие сдерживать рост себестоимости производства, основными из которых являются: усовершенствование радиометрической сепарации добываемой руды; кучное выщелачивание руды крупностью меньше 40 мм на промплощадках шахт; блочное выщелачивание предварительно подготовленных буровзрывными работами бедных руд.

Объем инвестиций, необходимых для поддержания существующего объема производства на Мичуринском, Центральном (Восточная зона), Ватутинском месторождениях, составляет 200-250 млн. долларов.

Наиболее приоритетным объектом для ГП «ВостГОК» является Новокопстантиновское месторождение. В настоящее время ведется его опытно-промышленная эксплуатация в ограниченных объемах – не более 300 тонн урана в год. Для достижения производительности 2500 тонн урана в год необходимы инвестиции в размере около 800 млн. долларов. Проектная мощность достигается на 6-7 год после начала инвестирования. Средняя себестоимость производства концентрата природного урана оценивается на уровне 80-90 долл./кг. Это достигается за счет глубокой радиометрической сепарации всей добываемой руды, переработки руды класса-40 мм на комплексе кучного выщелачивания, утилизации хвостов кучного выщелачивания в составе твердеющей закладки, переработки концентрата радиометрической сепарации на существующем гидрометаллургическом заводе в г. Желтые Воды.

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА

**А.В. Тарханов<sup>1</sup>, И.С. Постников<sup>1</sup>, В.В. Казанцев<sup>1</sup>,  
А.С. Салтыков<sup>1</sup>, Г.И. Авдонин<sup>1</sup>, А.А. Данилов<sup>2</sup>**

*1 – ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

*2 – ЗАО «РУСБУРМАШ», Москва, Россия*

Балансовые запасы золота в разведанных 16 месторождениях района составляют 188 т. Основная часть золота связана с пиритом и слабо извлекается простым цианированием. Среднее содержание золота в основной массе руд около 1 г/т. Для его извлечения требуется значительное усложнение и удорожание технологического процесса производства уранового концентрата. Цена золота составляет всего 10-12% от конечной продукции. В этих условиях вынужденная добыча золота приведет к неизбежному удорожанию себестоимости производства урана.

Еще в прошлом веке на юге Эльконского района было открыто и разведано небольшое месторождение золота Лунное, приуроченное в линейной коре выветривания зоны Федоровская. Запасы золота составили около 3 т при содержании около 2 г/т и повышенном содержании серебра, запасы урана – 400 т при содержании 0,02-0,05%. Проведенные лабораторные исследования в ОАО «ВНИИХТ» по кучному выщелачиванию золота, серебра и урана дали положительные результаты. С приемлемым расходом реагентов из окисленных руд извлечение золота составило более 90%, серебра – 50% и урана около 80%. ОАО «АРМЗ» и артель «Селигдар» организовали совместное предприятие «Лунное», которое к настоящему времени провело разведку зон Федоровская, Звездная и Мраморная, значительно увеличило запасы золота и приступило к добыче способом КВ.

Совместная работа ОАО «ВНИИХТ», ГПП «Алдангеология» и ЗАО «Русбурмаш» на ряде тектоно-метасоматических зон с золото-урановым оруденением показала, что в линейной коре выветривания до глубины 150-200 м отмечается окисление браннерита и вынос урана, окисление железа и серы пиритов с высвобождением тонкодисперсного золота. В результате формируются уран-золоторудные залежи с содержанием золота около 1 г/т и урана около 0,02%. В неокисленной части рудных зон золото может извлекаться только из кондиционных руд, имеющих мощность 2-5 м, попутно с их добычей и переработкой. Золото, сконцентрированное в рудной зоне за пределами кондиционных руд, будет безвозмездно потеряно. В окисленной части рудных зон золоторудные тела оконтуриваются по бортовому содержанию золота (0,4 г/т), обычно они охватывают всю рудную зону, вмещающую и пластообразные тела и



линзы забалансовых урановых руд. Мощности рудных зон с промышленным уран-золоторудным оруденением в приповерхностной части месторождений увеличивается до 10-15 м.

Во всех изученных рудных зонах выявлены промышленные содержания золота (около 1 г/т). В зоне Северной разведано канавами и скважинами месторождение золота с ресурсами по категории  $P_1$  19т. В зонах Магнитной и Сохсолоохской, разведанных только канавами, ресурсы золота по категории  $P_2$  оценены в 30 т. Самая протяженная зона Южная на золото слабо изучена. В интервале от месторождения Элькон до месторождения Непроходимое пройдено всего 13 канав и во всех их них выявлены пересечения с промышленным содержанием золота.

Лабораторные работы по кучному выщелачиванию золота проведены на пробах, отобранных из зон Северная, Магнитная, Медвежья, Водораздельная I и II. Всего изучено 12 проб. Извлечение золота из окисленных руд составляет 88-95%, из полуокисленных – 65-75%, урана из окисленных руд – 75-80%, их полуокисленных – 50-70%. Из неокисленных руд способом КВ ни золото, ни уран не извлекаются в приемлемых количествах.

На основании приведенных исследований в 6 рудных зонах, по которым запасы урана и золота утверждены ГКЗ СССР, ресурсы золота ( $P_1+P_2+P_3$ ) в корах выветривания составляют 215 т и могут быть отработаны способом КВ.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.В. Тарханов**

*ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

Тенденции развития урановой промышленности в последние годы определяются ускоренным ростом ядерной энергетики (ЯЭ), дефицитом природного урана, быстрым истощением вторичных ресурсов урана, резкими колебаниями цен на уран. Последние 5 лет можно характеризовать на начальном этапе (2007-2010 гг.) расцветом ЯЭ (ядерный ренессанс), короткий этап паники в связи с аварией на японской АЭС «Фукусима» (2011 г.) и современный этап стабилизации (2012-2013 гг.)

Авария на «Фукусима» слабо сказалась на стратегии развития ЯЭ. На несколько недель упали спотовые цены на уран. Некоторые страны подтвердили свой полный отказ от ЯЭ (Германия, Италия), другие задумались о темпах ее развития (Япония, Швейцария, Бельгия, Нидерланды). Однако основные потребители урана не изменили своих планов ускоренного развития (США, Китай, Индия, Россия, Франция, Англия, Швеция).

В мире с 2012 по 2030 гг. потребности в уране возрастут с 69 до 105 тыс.т и за весь период составят 1600 тыс.т, производство природного урана увеличится с 57 до 83 тыс.т, дефицит природного урана к 2030 г. достигнет 220 тыс. т и будет компенсироваться ураном из вторичных источников.

В России потребности урана с 2015 по 2035 гг. возрастут с 11 до 22 тыс. т. Производство урана внутри страны возрастет до 11 тыс. т и до 5 тыс. т будет поступать из Казахстана. Общий дефицит природного урана за 20 лет составит 120 тыс. т. Он не может быть покрыт только поставками из-за рубежа, на которые делает упор ОАО «АРМЗ». Для стабильной работы собственных АЭС и планируемой Госкорпорацией «Росатом» экспансии на мировой энергетический рынок необходимо форсировать освоение российской сырьевой базы и увеличивать производство урана, в первую очередь на крупнейших месторождениях Эльконского района, одновременно продолжить поиски высококоррентабельных крупных месторождений на территории России.

Запасы природного урана России достаточны для необходимого роста его производства. Освоение запасов ценовой категории \$80-130/кгU при снижении себестоимости путем усовершенствования технологии добычи и переработки руд, позволит довести к 2025 г. годовое производство урана до 20 тыс. т, что вместе с импортом, главным образом из Казахстана, обеспечит полные потребности страны в уране.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИХ РАСТВОРОВ КОЛЛОИДНО-УСТОЙЧИВЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ БЛОЧНОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

**М.Н. Тедеев, Н.М. Тедеев, Е.Г. Мешков**  
*ОАО «ВНИИПИИТ», г. Москва, Россия*

За последние двадцать лет качество руды в мировом производстве цветных, благородных и радиоактивных металлов снизилось почти в 1,5 -2 раза. Эта тенденция имеет системный характер и обусловлен ростом объемов потребления сырья, закономерным снижением качества товарной руды на эксплуатируемых месторождениях, поскольку не открываются новые богатые по запасам месторождения, резким снижением рентабельности добывающих предприятий.

За более чем 40 лет эксплуатации Стрельцовского рудного поля были сработаны наиболее богатые запасы месторождений, вследствие чего содержание металла в товарной руде к 2012 году снизилось с 0,298% до 0,144%, т.е. более, чем в 2,0 раза. Ухудшение качества товарной руды, выдаваемой из подземных горных работ, привело к резкому росту затрат

на добычу и гидрометаллургическую переработку товарной руды, снижению мощности действующих рудников по готовой продукции. Ввод новых месторождений могло затянуться из-за тяжелых географических и горно-эксплуатационных условий.

Как показывает анализ работы предприятий отрасли, в аналогичных условиях на целом ряде предприятий были отработаны запасы бедных и убогих руд и достигнуто одним снижением себестоимости готовой продукции путем применения блочного подземного выщелачивания (БПВ). Однако, несмотря на большой опыт практического применения, на уранодобывающем предприятии блочное подземное выщелачивание до сих пор не получило официального статуса. Одной из причин создавшегося положения является продолжительность времени выщелачивания металла. Так, если время подготовки руды к орошению составляет при БПВ не более 5-6 месяцев, то продолжительность орошения достигает в ряде случаев 1.5 – 2.0 года, вследствие чего резко сужается фронт горных работ и ухудшаются технико-экономические показатели добычи готовой продукции.

Учитывая, что в настоящее время практически все Стрельцовское рудное поле вскрыто и подготовлено горными выработками, что является весьма существенным положительным фактором с точки зрения внедрения БПВ на большинстве залежей, приводятся результаты укрупненных испытаний НА руде забойной крупности модернизированных коллоидно-устойчивыми композициями выщелачивающих растворителей урана и золота штатных растворов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение модернизированных растворов позволяет повысить концентрацию металла в продуктивных растворах, полноту извлечения урана, сократить время выщелачивания в 2,5-3 раза снизить расход растворителя почти на 40% по сравнению с холостыми растворами. Выполненные технико-экономические расчеты свидетельствуют о высокой эффективности внедрения технологии кучном выщелачивании с применением коллоидно-устойчивых композиций.

## **ЭЛЬКОНСКИЙ ЗОЛОТО-УРАНОВОРУДНЫЙ УЗЕЛ. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**А.В. Терехов, А.В. Молчанов, В.В. Шатов**  
*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Урановые месторождения Эльконского рудного узла были открыты в начале 60-х годов и сразу же стали объектом интенсивных геологоразведочных работ и научных исследований специализированных партий и тематических групп ВИМСа, ВИРГа, ВСЕГЕИ, ГЕОХИ РАН,

ИГЕМа РАН, МГРИ и других организаций. На территории узла сосредоточено около 20-ти месторождений урана с запасами более 300 тыс. тонн и ресур-сами до 600 тыс. тонн урана. Попутные компоненты представлены золотом (более 200 т), серебром (более 2,5 тыс. тонн) и молибденом (более 90 тыс. тонн). Здесь в настоящее время ведутся работы ЗАО «Эльконский ГК», входящим в урановый холдинг «Атомредметзолото». На базе месторождений зоны Южная (Элькон, Эльконское плато, Курунг, Дружное, Непроходимое), а также на месторождениях Северное и Зона Интересная, к 2024 году планируется создать один из крупнейших в мире центров по добыче урана производительностью до 5 000 тонн в год. В связи с этим необходима разработка критериев для обнаружения и локализации новых площадей с различными типами золото-уранового оруденения для прироста ресурсного потенциала Эльконского рудного узла.

Комплексные исследования геологического строения и история геологического развития Эльконского золото-урановорудного узла, гидротермально-метасоматических образований (в полном объеме их проявления) и их геохимических особенностей, а также условий локализации золотого и уранового оруденения позволили получить следующие результаты.

В пределах Эльконского золото-урановорудного узла выделяются два структурно-вещественных блока, резко различающиеся геологическим строением, а также типами гидротермально-метасоматических образований и золото-уранового оруденения.

Юго-восточный блок – амагматичный (на современном эрозионном срезе) в мезозойское время, в геофизических полях выраженный отрицательной магнитной аномалией (от – 200 до – 250 нТл) и положительной аномалией силы тяжести (до + 0,05 мГал). В юго-восточном блоке гидротермально-метасоматические образования формировались в наиболее ранние фазы мезозойской тектоно-магматической активизации в осевых зонах долгоживущих разломов.

Северо-западный блок характеризуется развитием в его пределах мезозойских магматических образований, что отражено в аномальном магнитном поле от -10 до -30 нТл и в отрицательных значениях составляющих полей силы тяжести (до – 0, 22 мГал). Гидротермально-метасоматические образования северо-западного блока имеют внутри-, околоинтрузивное (ореольное) распространение и накладываются на более ранние метасоматические образования.

В пределах северо-западного и юго-восточного блоков Эльконского рудного узла проведена типизация гидротермально-метасоматических образований и обоснована зональность их проявления. Так, для юго-восточного блока характерно наличие высокотемпературных кварц-полевошпатовых метасоматитов, пропилитов и рудоносных гумбеитов «эльконского» типа с золотосодержащей пиритовой и браннеритовой

рудной минерализацией, приуроченных к долгоживущим региональным разломам. В северо-западном блоке развиты фениты, щелочно-амфиболовые пропилиты и рудоносные гумбеиты «рябинового» типа, тяготеющие к ареалам развития щелочных мезозойских комплексов с золотой, золотосодержащей пиритовой, халькопиритовой минерализацией и блеклыми рудами.

Установлено, что рудоносные гумбеиты «эльконского» типа характеризуются положительными геохимическими аномалиями мультипликативного рудного параметра  $Au \cdot Ag \cdot U \cdot As \cdot Sb \cdot Hg$  состава. Гумбеиты «рябинового» типа в аномальных геохимических полях выражены контрастными положительными ореолами мультипликативного рудного параметра  $Au \cdot Ag \cdot Cu \cdot Mo \cdot Bi \cdot Pb$  состава.

Построена двухстадийная геолого-генетическая модель формирования золото-урановорудных объектов Эльконского рудного узла.

На основе полученной геолого-генетической модели и всего комплекса проведенных исследований намечены основные прогнозно-поисковые критерии и построена карта прогнозно-металлогенического районирования Эльконского рудного узла с выделением трех областей, характеризующихся различными типами оруденения – «эльконского» ( $Au-U$ ), «рябинового» ( $Au-Cu$ ) и комбинированного «элькон-рябинового» ( $Au-Cu+Au-U$ ). Локализованы площади перспективные для проведения первоочередных детальных поисковых работ с целью обнаружения новых комплексных золото-урановорудных месторождений.

## **МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ) СКВАЖИННЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ (ГИС) НА ГИДРОГЕННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА**

**В.П. Тимофеев<sup>1</sup>, А.Б. Ильченко<sup>1</sup>, К.Ю. Бушков<sup>1</sup>,  
Е.А. Гурулев<sup>1</sup>, А.В. Гладышев<sup>2</sup>**

*1 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

*2 – ОАО «Хиагда», г. Чита, Россия*

С 2008 г. на месторождении ведутся работы по мониторингу процессов ПВ методами ГИС. Опыт этих работ в части методики выполняемых работ, применяемой аппаратуры, решаемых задачах и практических геологических результатах представлен в докладе.

Мониторинг процессов ПВ ведется главным образом с применением индукционного каротажа скважин методом «двух растворов». Отдельные задачи решаются методами термометрии и расходомерии.

Методами токового каротажа, термометрии, расходомерии и видеокаротажа скважин решаются задачи контроля технического состояния скважин.

Применение методов ГИС в условиях месторождения позволяет решить следующие актуальные проблемы, стоящие перед добывающим предприятием.

5) Уточнение фильтрационных свойств рудовмещающего разреза применительно к процессу ПВ.

6) Мониторинг растекания выщелачивающих растворов в недрах, что позволяет оценить эффективные мощности и объем горнорудной массы, вовлекаемой в процесс ПВ. Данные, получаемые методами ГИС, подтверждаются контрольным бурением. Эта информация способствует более рациональному использованию недр месторождения.

7) Выявление заколонных перетоков.

8) Контроль технического состояния скважин, как в процессе их сооружения, так и при эксплуатации.

Кроме того, в докладе дан краткий обзор перспективных направлений мониторинговых исследований методами ГИС, которые могут найти применение на месторождениях, обрабатываемых методом ПВ.

## **СПЕЦИФИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГИДРОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА И ЕЕ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАБОТКУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ)**

**В.П. Тимофеев, К.Ю. Бушков, М.В. Шалагин**  
*ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

На стадии горно-подготовительных работ гидрогенного месторождения урана «песчаникового» типа в верховьях погребенных палеодолин произведен анализ геологических и гидрогеологических условий отдельных залежей, которые могут оказывать влияние на их отработку методом ПВ.

Основные выводы следующие.

1. Каждая залежь месторождения и каждый участок залежи имеют свои специфические, относительно месторождения в целом, гидрогеологические условия. Эти условия могут оказывать значительное влияние на процесс ПВ и должны учитываться при проектировании и постоянно доизучаться при ведении добычных работ.

2. Предложены геологические и гидрогеологические критерии районирования залежей и их участков, применительно к процессу ПВ. Данные критерии могут быть положены в основу концептуальной гидродинамической

модели отдельных залежей месторождения. Предложена концептуальная (на качественном уровне) гидродинамическая модель залежи месторождения.

3. На качественном уровне оценено возможное влияние гидрогеологических условий отдельных залежей месторождения и условий локальных участков залежей на протекание сернокислотного ПВ в недрах.

4. Применительно к условиям месторождения адаптирована методика расчета проектного дебита технологических скважин и, на качественном уровне, оценены геолого-гидрогеологические факторы, влияющие на производительность скважин.

5. На стадии горно-подготовительных работ уточнены фильтрационные свойства рудовмещающего разреза (по результатам кустовых откачек, обработки данных расходомерии и индукционных каротажей методом «двух растворов»).

6. Дана качественная оценка влияния многолетнемерзлых пород разреза на процесс ПВ.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ С ПУЛЬСАЦИОННЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ УРАНА**

**В.А. Толкачев, Д.В. Майников**  
*ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

В СССР в период интенсивного развития урановой промышленности колонные аппараты с пульсационным перемешиванием стали находить применение в гидрометаллургии в ряде технологических процессов. В частности, эти аппараты в промышленном масштабе использовались на операциях выщелачивания, сорбции, классификации пульп, выделения и промывки песков и промывки кристаллов АУТК. К настоящему времени колонные аппараты с пульсационным перемешиванием находят ограниченное применение и эксплуатируются около 20 лет лишь на операции промывки кристаллов АУТК от примесей в гг. Краснокаменске, Навои и Желтых Водах (в г. Глазове в технологии циркония).

В связи с возможным проектированием и строительством в будущем крупного предприятия по переработке урановых руд Эльконского месторождения представляется целесообразным использовать удачный опыт промышленной эксплуатации этих аппаратов. Поскольку предполагается переработка руд по песковым схемам (с закрублением помола до  $-0,3$  мм), то колонные аппараты с пульсационным перемешиванием с успехом могут применяться на операции выделения и промывки песков перед сорбцией урана из шламовых пульп. В случае

выбора экстракционной технологии колонные аппараты следует использовать для очистки кристаллов.

Во всех разработанных вариантах технологических схем переработки руд Эльконского плато колонные аппараты с пульсационным перемешиванием находят применение перед сорбционным извлечением урана. В связи с этим к процессу выделения и промывки песков в колонных аппаратах приковано большое внимание.

Несмотря на ограниченное финансирование, продолжаются научно-исследовательские работы по оптимизации процесса и выяснению его основных закономерностей. Некоторые результаты таких лабораторных и полупромышленных исследований представлены в настоящем докладе.

## **МИНЕРАЛЬНЫЙ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ УРАНОВЫХ РУД НА РУДОПРОЯВЛЕНИИ «ГРЕБНЕВОЕ» И МЕСТОРОЖДЕНИИ «СЛАНЦЕВОЕ» В ПОРОДАХ НИЖНЕГО СТРУКТУРНОГО ЭТАЖА (ЮЖНАЯ БУРЯТИЯ)**

**Н.С. Трофимов, Л.В. Чесноков**  
*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

Рудопроявление «Гребневое» выявлено ОАО «СОСНОВГЕО» на рубеже 2011-2012 гг. Руды локализованы в метакородах домезозойского фундамента и вскрыты скважинами на глубине от 300 до 650 метров. По уровню содержания урана установлены все разновидности руд от бедных до богатых. Прогнозная оценка территории положительная, что и определило необходимость изучения минерального и вещественного состава руд. Основной вмещающей горной породой является тонко полосчатый мелкозернистый (0,1 мм) кварц-полевошпат-биотитовый сланец, определяющий алюмосиликатный технологический тип урановых руд. Дополнительные гидротермально-метасоматические и прожилковые наложенные разновозрастные минеральные ассоциации (включая и продуктивные урановые) составляют в объеме руд первые проценты (от 0,1 до 3-5 %). Типичные минералы (карбонаты, сульфиды, флюорит, глинисто-слоистые алюмосиликаты), определяющие специфические технологические свойства руд, образовались, в основном, в рудную стадию низкотемпературного гидротермального процесса. Предрудные масштабные гидротермально-метасоматические изменения вмещающих сланцев отсутствуют, крайне редко проявлены и околожилльные метасоматиты. Контроль рудных минеральных ассоциаций осуществляется, в основном, тектоническими трещинами разного масштаба и различной ориентировки.

Главные урановые минералы – коффинит (основа) и настуран присутствуют в рудах в виде нескольких морфогенетических



разновидностей. Размер выделений урановых минералов – от первых микронов до первых десятых долей миллиметра. Основная масса урана минерализована (по визуальной оценке в шлифах и по радиографиям) в частицах с размером 0.0n мм -0.15 мм, что предопределяет гидрометаллургический способ их переработки.

Главный «жильный» минерал (количественно до 90-95 %), входящий в состав рудных минеральных ассоциаций, представлен карбонатом кальция с различной долей участия в катионной части железа и марганца, реже магния. В меньших количествах присутствуют железистый хлорит (шамозит), сульфиды и дисульфиды железа, флюорит и ТУВ (твёрдые углеродистые вещества). Крайне редко отмечается кварц, гели кремнезёма, опал, халцедон.

Из элементов-примесей в рудах в повышенных концентрациях отмечены молибден (диагностирован железистый молибденит) и элементы из группы «редких земель» (диагностирован фтор-карбонат синхизит-паризит). Некоторая часть редкоземельных элементов входит в состав одной из генераций коффинита. Практически все повышенные концентрации халькофильных элементов нашли своё минеральное выражение в виде галенита, сфалерита, халькопирита и арсенопирита.

Специфической особенностью (в отличие от других гидротермальных месторождений урана в Забайкалье) изученных руд является наличие в составе рудных минеральных ассоциаций ТУВ, главные представители которых антраксолиты и (реже) кериты. Отмечены различные варианты пространственного соотношения между ТУВ и урановыми минералами, от тесных взаимных прорастаний с большой долей участия урановых минералов, с редкой вкрапленностью урановых минералов, до «чистых» не радиоактивных ТУВ. Количество ТУВ в составе гидротермалитов колеблется от полного отсутствия до 2-5% (весовых). Обычно имеется положительная корреляция между содержанием ТУВ и содержанием урана в пробе (руде).

По промышленно-генетической классификации, выявленный тип руд относится гидротермальному уран-карбонатному типу в метаморфизованных терригенных породах, с присутствием в рудных ассоциациях ТУВ и различных элементов-примесей, редко достигающих промышленных концентраций. (Пример – Месторождение Пршибрам-Чешский срединный массив, Чехия).

## УСТУК-ФАЗИЛЬМАНСКАЯ ГРУППА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ КАК ПРИМЕР УРАНОВОРУДНОГО ОБЪЕКТА СКАРНОВОГО ТИПА В ЮЖНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ

**И.Б. Турамуратов<sup>1</sup>, А.И. Рустамов<sup>2</sup>, Э.Ф. Байбеков<sup>2</sup>**

*1 – Государственный комитет по геологии и минеральным ресурсам  
Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан*

*2 – ГП «Комплексная ГСПЭ» Госкомгеологии Республики Узбекистан,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

1. Северо-Нуратинский хребет Южного Тянь-Шаня при широком спектре рудопроявлений урана характерен и наличием нескольких скарновых объектов, примером которого является Устук-Фазильманская группа урановорудных объектов.

Приурочена площадь к периклинальному замыканию Темиркабук-Устукского магматогенно-термального купола. Здесь в литологическом составе сувликанской свиты преобладают карбонатно-кремнистые породы  $\text{Є}_1\text{-O}_1$ .

В Устук-Фазильманскую группу рудопроявлений входит такие локальные рудопроявления как Устук, Фазильман и Карчегай.

В стендовом докладе показана геологическое строение и рудоносность рудопроявлений Устук-Фазильманской группы скарновых проявлений урана с указанием параметров рудных зон. Структура объекта хорошо видна на разрезах, представленных на графике.

Основными рудоконтролирующими и рудолокализирующими критериями уранового оруденения являются:

- 1) Литолого-стратиграфические;
- 2) Магматические;
- 3) Структурные;
- 4) Эпигенетические предпосылки;
- 5) Прямые поисковые признаки.

Изложены сложившиеся за долгие годы работ представления о генезисе урановых объектов в черносланцевых образованиях, во многом противоречащих друг другу.

Вокруг Темиркабук-Устукского магматогенного купола установлено более 10-ти зон скарнирования. Скарны являются составной частью полихронно-полигенного рудообразования в углеродисто-кремнистых сланцах. Они или препятствуют выносу металла процессом гипергенеза, или играют роль сорбента при трещинной инфильтрации (?). Этот вопрос пока открыт и требует решения, но факт остается фактом – в скарновых метасоматитах сосредоточены основные объемы урановорудной минерализации.

В настоящее время на Устук-Фазильманской площади проводятся опережающие специализированные поисковые работы с разбуриванием наиболее доступного участка Устук профилями скважин, сопровождающимися поверхностными канавными работами. Несмотря на то, что площадь участка известна с 70-х годов прошлого века, работы тогда ориентировались на поиски вольфрама и практически не были опробованы как скважины, так и канавы того периода по методике, принятой при поисках урановорудных объектов.

Поисковые работы вместе с бурением, целесообразно дополнить минералого-геохимическими работами и технологическими испытаниями руд. Судя по рудоносности и параметрам оруденелых скарнов, кроме вольфрама молибдена, ванадия, следует в результате работ ожидать появления урановорудного объекта среднего или мелкого масштаба.

#### **Литература**

1. Бухарин А.К., Брежнев В.Д., Масленникова И.А. и др. Тектоника Западного Тянь-Шаня. М., Наука. 1989.
2. Лавёров Н.П., Рыбалов Б.Л., Величкин И.И. и др. Основы прогноза урановорудных провинций и районов. М., Недра. 1986.
3. Мухин П.А., Каримов Х.К., Савчук Ю.С. Палеозойская геодинамика Кызылкумов. Т., Фан. 1991.
4. Лукощенко А.П. и др. Окончательный отчет по теме 3-19 «Оценка перспектив ураноносности углеродисто-кремнистой формации Ауминзатау-Тамдытау и Нуратау-Мальгузарских гор с составлением прогнозной карты м-ба 1:50000» за 1973-1977 годы. Краснохолмская экспедиция. Т., 1977.
5. Лукощенко А.П., Байбеков Э.Ф. Оценка перспектив Северного Нуратау и Зирабулак-Зиаэтдинских гор на выявление месторождений скарнового и гидротермального типов». Геологическое задание 3-108. ГП «Комплексная ГСПЭ». Т., 2011.

## **МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЕРГЕНИНСКОГО РАЙОНА КАЛМЫКИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РУД**

**В.М. Тюленева, Б.Ю. Каминов, В.Т. Дубинчук, В.В. Ружицкий,  
И.Г. Быстров, С.И. Ануфриева, Е.Г. Лихникевич**  
*ФГУП «ВИМС», г. Москва, Россия*

В рамках работ по оценке промышленной значимости объектов Шаргадыкского и Багабурульского рудных полей Ергенинского района изучены комплексные сульфидно-фосфорно-редкометалльно-урановые образования, связанные с дезинтегрированными остатками костного детрита рыб, которые не имеют аналогов среди других известных рудных формаций. Проведена типизация этих концентраций с выделением типов, четко

различающихся химической специализацией, установлены минеральные ассоциации, рассмотрены взаимоотношения, морфологические особенности минеральных выделений, выявлены минеральные фазы полезных компонентов. Рудный материал представлен технологическими пробами, образцами, аншлифами, шлифами и радиографиями, изученными в лабораториях ВИМСа с применением комплекса современных высокоточных методов минералого-геохимического анализа. Основными составляющими комплексных руд являются фоссилизованный костный детрит, сульфиды железа, глины и карбонаты, которые присутствуют в различных соотношениях. Фосфорный тип оруденения в целом является наиболее продуктивным и на всех изученных нами объектах Ергенинского района характеризуется высокими содержаниями (%):  $P_2O_5$  до 28, урана – до 0.2;  $\Sigma TR$  до 0.5, среди которых преобладают La и Ce (до 0.2). Определены высокие концентрации (%) Y, Nd – до 0.12; Sr- 0,2; Re – до  $1,4 \cdot 10^{-4}$ . Руды этого типа обогащены (до 60%) обломками костного детрита рыб, которые часто образуют дисперсные агрегаты. Сульфиды представлены, главным образом, пиритом (11-15%) и марказитом – до 6%, иногда сфалеритом – до 1%, отмечаются галенит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, молибденит. Глинистая составляющая (в сумме ~25%) сложена гидрослюдой ~ 10%, каолинитом (4-5%), монтмориллонитом (3-6%), хлоритом (1-3%). Среди сульфатов, в основном, развит бассанит (1,0-6,5%). Терригенная фракция состоит из кварца (5-3%) и плагиоклаза (1,5-3%). Среди костного детрита преимущественно песчано-пелитовой размерности (от долей мм, до дисперсных) преобладают фрагменты различной морфологии, чешуя рыб, обломки позвонков, и др. Полости в костных частицах заполнены кальцитом, кремнистыми образованиями, сульфидами, иногда углеродистым веществом. Костный детрит, как правило, цементируется глинисто-сульфидно-карбонатным агрегатом. Уран в рудных образцах характеризуется вуалеобразным, распределением с участками треков высокой плотности, приуроченным к зонам, обломочных частиц и дисперсных образований костного детрита. Установлено, что костный фосфат сложен минералами апатитового ряда различной степени дисперсности, в которых локализованы основные концентрации урана и редкоземельных элементов. Вещество костного детрита представлено фосфатами ряда: фторапатит – хлорсодержащий фторапатит – карбонат-фторапатит (франколит), редко стронцийсодержащий апатит. Обломки костного детрита часто неоднородны, в них фиксируются осветленные микрзоны, а в отдельных участках отмечаются высокие содержания Fe (до 16%). Основная часть урана в фосфатном веществе распределена в виде мельчайших кластеров. Хлорсодержащие фторапатиты особенно обогащены редкоземельными элементами цериевой группы (La, Ce, Nd) и ураном. Минералы урана представлены нингиоитом, уранинитом, гидронастураном, редко коффинитом. Выявлены минеральные фазы: тория (торианит), стронция и тория (умбозерит), церия (монацит), церия и лантана (флюоцерит); ниобия

(пироклор); циркона (бадделейт); вольфрама (шеелит), цинка (сфалерит); золота (купроаурид); серебра (аргентит). Установлены повышенные концентрации Re, связанные с кристаллическим пиритом, обогащенным Cu, а также с рений-содержащим минералом – умбозеритом и гелеобразным, аморфным веществом железо-сернистого состава. Нахождение Re в пирите, умбозерите и в трудно-растворимом гелеобразном веществе, по-видимому, в ряде случаев отрицательно влияет на технологические параметры его извлечения. Оруденение фосфорного типа Вишневого рудопоявления – (Багабурульский рудный район) характеризуется рядом минералогеохимических особенностей, отличающих его от оруденения аналогичного типа, локализованного на Шаргадыкском месторождении. Если на последнем повышенные концентрации медно-полиметаллических элементов в костном детрите и пирите обусловлены их сорбированной и изоморфной примесью в фосфате и дисульфидах железа, то на Вишневском рудопоявлении они образуют собственные минеральные фазы (сфалерит, галенит, халькопирит и др.), а в составе сульфидов помимо пирита и марказита присутствует пирротин. В целом руды Вишневого рудопоявления характеризуются более высокими содержаниями урана,  $\Sigma TR$  и  $C_{орг.}$ , что, по-видимому, свидетельствует об их формировании в более восстановительной обстановке. Приведенные различия руд фосфорного типа на указанных объектах, по-видимому, могут влиять на технологические параметры извлечения полезных компонентов. В частности, более восстановительные условия среды рудонакопления на Вишневском рудопоявлении могли предопределить здесь присутствие более благоприятных для выщелачивания концентраций Re.

## **РОЛЬ ПРОСЛОЕВ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ГИДРОГЕННОГО ТИПА**

**С.Н. Федянин**

*ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

В докладе показано, что на гидрогенных месторождениях урана с помощью разработанного автором «редокс-каротажа» удастся выделять прослойки углефицированного детрита и обогащенные дисульфидами железа, которые имеют площадное распространение. Делается вывод, что такие прослойки играют роль внешней (электронной) цепи природного гальванического элемента (ПГЭ), а природные пластовые водные растворы являются внутренней (ионной) цепью ПГЭ.

На основе результатов исследований поведения сернокислых растворов уранилапод воздействием электрохимических процессов в трехкамерном электродиализатора, проведенных сотрудниками академика

Б.Н. Ласкорина, показано, что наряду с миграцией ионов водорода к катоду и сульфат-ионов к аноду происходит также перенос урана в католит и анолит. При низких значениях кислотности уран (VI) находится преимущественно в форме катиона, при более высоких значениях кислотности уранил образует комплексные анионы.

Со ссылкой на результаты этих исследований и академика Смирнова С.С., по процессам в зоне окисления сульфидных месторождений полиметаллов, предлагается модель ПГЭ. Делается вывод о возможности образования месторождений наложенного (эпигенетического) типа как в зоне католита, так и анолита, в результате миграции широкого спектра химических элементов в ионной форме, в том числе и урана, в результате действия природных процессов электролиза.

Отмечено сильнейшее окисляющее и растворяющее действие окисного железного сульфата, который следует рассматривать как один из крупнейших факторов в процессе переработки сульфидного материала. Указано, что он также является и поставщиком кислорода в различные, в том числе в наиболее глубокие горизонты зоны окисления.

Показано, что «красноцветность» пород, обусловленная наличием гидроокисей и закисей железа, является важным признаком благоприятности среды к эпигенетическому (электро-геохимическому, наложенному) рудообразованию. При этом красноцветность песчаных пород может иметь двоякую природу. В одних случаях это отображение щелочной среды, соответствующей зоне католита природного гальванического элемента, в других это переходная зона от анолита к нейтральной среде в сторону католита.

На основе проведенного анализа делаются следующие выводы.

1. Объемы геологической среды, вмещающие прослой углефицированного детрита и обогащенные минералами железа (от окисно-закисных до сульфидных форм), могут рассматриваться как гальванические системы, генерирующие условия благоприятные для нахождения железа продолжительное время в состоянии активного окислителя –  $Fe_2(SO_4)_3$ .

2. Зоны, диагностируемые как красноцветы, являются средой благоприятной для активного выщелачивания урана из вмещающих пород с отжатием к границам католитной и анолитной зон. Объемы этих зон и, в итоге, параметры уранового оруденения, определяются масштабами площадей и мощностью развития прослоев, обогащенных углефицированными остатками и железистыми минералами.

3. Назрела необходимость в переосмыслении инфильтрационной теории рудогенеза, с целью нахождения дополнительных поисковых признаков, снимающих ограничения на выявление перспективных зон по обе стороны от границы выклинивания ЗПО и позволяющих более целенаправленно проводить поисковые работы в их пределах.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТОДОВ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

И.М. Хайкович<sup>1</sup>, А.Р. Миносьяни<sup>2</sup>

*1 – ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург, Россия*

*2 – ЗАО «РУСБУРМАШ», г. Москва, Россия*

До настоящего времени основным каротажным методом, поставляющим измерительную информацию для подсчета запасов урана в недрах, является гамма-каротаж. Этот метод незаменим при оценке запасов урана на месторождения эндогенного типа, когда в урановом ряду сохраняется состояние радиоактивного равновесия между родоначальником (ураном) и продуктами его распада.

В настоящее время порядка 30% мировой потребности в уране осуществляется за счет месторождений песчаникового типа, обработка которых ведется методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). На месторождениях этого типа радиоактивное равновесие в урановом ряду изначально, как правило, нарушено в сторону недостатка радия. При оценке запасов таких месторождений традиционный метод гамма-каротажа (ГК) следует дополнить «прямым» методом, который не зависит от поведения радиоактивного равновесия. В последнее десятилетие для этой цели как в России, так и за рубежом применяют метод каротажа мгновенных нейтронов деления (КНД-М), в основе которого лежит свойство радионуклида  $^{235}\text{U}$  интенсивно делиться в поле тепловых нейтронов с выделением т.н. мгновенных нейтронов деления. Источником тепловых нейтронов являются нейтроны, испускаемые импульсным скважинным генератором нейтронов, которые, будучи инжектированы в среду, замедляются в ней до тепловых энергий.

Работы по созданию метода «прямого» определения урана в рудах были начаты во Всесоюзном научно-исследовательском институте разведочной геофизики (ВИРГ) в шестидесятых годах прошлого столетия и включали разработку теоретических основ, создание методики и изготовление опытного образца аппаратуры. Выполненными исследованиями было также показано, что, помимо содержания урана и коэффициентов влажности, метод КНД-М позволяет в принципе определять такую важную физическую характеристику руд как коэффициент глинистости, что важно для выделения технологически забалансовых интервалов.

Начиная с семидесятых годов прошлого столетия завод «Геологоразведка», ВНИИ «Автоматика» совместно с ВИРГ'ом (который разработал «Инструкцию по каротажу методом мгновенных нейтронов деления при изучении урановых месторождений гидрогенного типа») выпустил серию аппаратуры метода КНД-М (ТСКУ-91, ТСКУ-111, АИНК-

60), что позволило организовать проведение каротажа этим методом практически на всех месторождениях урана песчаникового типа РФ, Средней Азии и Казахстана. При этом аппаратура АИНК-60, которая выпускается ВНИИА, используется на ряде предприятий России и стран содружества для получения измерительной информации о параметрах рудных по урану интервалах. Однако в целом этот метод практически не вышел за рамки опытно-методических работ.

В последующие годы теория и практика метода КНД-М на урановых месторождениях получила свое дальнейшее развитие: появились современные нейтронные генераторы с потоком нейтронов до  $5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$  и значительно увеличенным (до 250 часов) ресурсом работы нейтронной трубки, совершенствовалась методика и метрологическое обеспечение метода, обновилась вычислительная техника и программное обеспечение. Новые возможности открывают и новые пути решения аппаратурных и методических вопросов, которые реализованы по инициативе ЗАО «РУСБУРМАШ» совместными усилиями ФГУ НПП «Геологоразведка», ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова» и ФГУ ГНЦ РФ «ВНИИГеосистем» разработаны и созданы необходимые средства измерений и методика, которые обеспечивают метрологию метода КНД-М, созданы и прошли предварительные испытания с целью внесения в реестр СИ РФ опытные образцы аппаратурно-методического комплекса АМК КНД-М-48, в котором отражены все новейшие разработки в области импульсной нейтронной техники и метрологии. В ближайшее время предполагается разработать и аттестовать в качестве нормативного документа методику измерений с АМК КНД-М, что придаст методу КНД-М статус «количественного» метода.

Метод КНД-М значительно более сложный и трудоемкий в сравнении с методом ГК. Для его подготовки и проведения необходимо кроме аппаратуры и нормативных документов иметь специальные метрологические средства и высококвалифицированных специалистов, владеющих как методами радиометрического каротажа на месторождениях урана, так и методами интерпретации полученной измерительной информации. К сожалению, в ряде случаев даже для проведения ГК привлекаются лица практически не владеющие теоретическими и методическими основами ГК, не говоря о столь сложном методе, каким является метод КНД-М. Таких специалистов ВУЗы РФ практически перестали готовить. Для ликвидации этой «прорехи» следует подумать об организации периодических курсов повышения квалификации специалистов в области радиометрического каротажа на месторождениях урана.



## **ДИНАМИКА ДОБЫЧИ УРАНА**

**В.В. Харитонов, У.Н. Курельчук**  
*НИЯУ «МИФИ», г. Москва, Россия*

Приведена аналитическая модель, описывающая тренд динамики добычи урана и позволяющая установить взаимосвязь максимума его ежегодной добычи и время наступления пика добычи с известными запасами металла в недрах и темпом освоения запасов. В модели принято, что с течением времени по мере исчерпания запасов урана темп его добычи уменьшается по линейному закону. Приведены результаты сравнения динамики добычи урана в Канаде, Австралии, Казахстане и мире в целом с аналитическими оценками по предлагаемой модели. Показано, что пик добычи урана в этих странах достигается в период 2015-2040 гг. К середине XXI века добыча урана в мире существенно сократится при существующих месторождениях и технологиях добычи. Основой долгосрочного развития ядерной энергетики должны стать реакторы-размножители (бридеры) на быстрых нейтронах, позволяющие увеличить ресурсную базу ядерной энергетики в 140-300 раз благодаря включению в топливный цикл изотопов уран-238 и торий-232.

## **ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНЫХ ПОЛЕЙ КАК ФАКТОР ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В УРУЛЮНГУЕВСКОМ И ВИТИМСКОМ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРАНОВОРУДНЫХ РАЙОНАХ**

**А.В. Хромов**

*ЗАО «РУСБУРМАШ» ОСП «Иркутск», г. Иркутск, Россия*

Анализ гидрогеохимических материалов, полученных при проведении поисковых и разведочных работ в пределах основных урановорудных структур Забайкалья, подтвердил выводы о влиянии гидротермально-метасоматического преобразования пород на химический состав подземных вод, которые были сделаны ранее (Хромов, 1988, 1991) для районов, где известны месторождения золота, молибдена, олова и полиметаллов. Процессы, протекавшие в пределах рудоносных структур Ключевско-Давендинского, Дарасунского, Бaleyского, Любавинско-Хапчерангинского и других рудных полей в предрудный, рудоконцентрирующий и пострудный этапы, изменили облик рудовмещающих геологических образований. Это выразилось в масштабном перераспределении породообразующих и рудных химических элементов, а также в гидротермально-метасоматическом преобразовании

горных пород, которое в свою очередь оказало влияние на химический состав дренирующих их подземных вод. Так, рост концентраций магния до 50-60%-экв происходит при взаимодействии подземных вод с хлоритизированными, доломитизированными и турмалинизированными породами. Кроме того, обнаружено, что в водах, контактирующих с гидротермально измененными геологическими образованиями, до аномальных значений возрастает общая минерализация, а в ряде случаев появляются значительные концентрации растворенной углекислоты, позволяющие отнести их к минеральным углекислым.

Подобное соотношение между катионами подземных вод, выражающееся в заметном преобладании магния над кальцием и натрием, установлено в пределах Стрельцовского и Хиагдинского урановорудных рудных полей, а также на месторождениях урана Имское, Оловское, Кукинское и Журавлиное. Необходимо отметить, что водопункты с преобладанием магния среди других катионов – явление довольно редкое для Забайкалья и наблюдается лишь в 1,5% случаев. В рудных районах количество водопроявлений, где магний находится на первом месте среди катионов, заметно увеличивается. Так, по данным гидрогеологической съемки, охватившей территорию Урулюнгуевского урановорудного района, магний преобладает в 19,6% опробованных водопунктов, а в пределах Стрельцовского месторождения урана – в 45,5% обследованных скважин. По площади гидрогеохимические ореолы магния, появление которых обусловлено влиянием гидрослюдизированных, хлоритизированных и анкеритизированных вмещающих пород, заметно превышают наблюдаемые радиогидрогеологические аномалии. На основании этого был сделан вывод о том, что при выделении перспективных площадей и участков на уран магний является более информативным гидрогеохимическим признаком.

На месторождениях урана, локализованных в осадочных образованиях мезозоя и кайнозоя, в водах продуктивного горизонта наряду с преобладающим среди катионов магнием повсеместно присутствует растворенный углекислый газ. Он зафиксирован на Имском, Оловском, Кукинском и на всех месторождениях Хиагдинского рудного поля.

Использование рассмотренных особенностей формирования подземных вод при гидрогеохимических поисках месторождений урана в Урулюнгуевском и Витимском урановорудных районах позволит повысить эффективность этих работ.

# **КОНЦЕПЦИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ AUTOCAD В УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.В. Цуканов, А.А. Силкин**

*ОАО «ВНИПИпромтехнологии», г. Москва, Россия*

Преимущества горно-геологической САПР на базе Автокада – объединение программирования на современных алгоритмических языках в среде MS Visual Studio (платформа .Net Framework) с программным ядром “AutoCAD .NET API” (набор готовых функций в приложении AutoCAD).

Стандартизация графических объектов Автокада в горно-геологическом понимании – обеспечение правильной программной обработки данных объекта, открытости и доступа к объектам файла чертежа в приложениях AutoCAD (имитирующих дневную поверхность, блочную и каркасные модели месторождений и различные горные выработки) и возможность многоуровневого усовершенствования САПР различными пользовательскими командами.

Способ хранения и геологическая база данных по месторождению – внутренняя объектная модель графических объектов файла чертежа Автокада. Принятие соглашения о создании единого стандарта полей БД элементарного геологического блока (содержание урана, содержание попутных компонентов, вредных примесей, объемного веса, типа руды, категории разведанности и т.п.) – основополагающее требование для всех уранодобывающих предприятий, создающих различные САПР на платформе AutoCAD.

Реализация внедряемой САПР: решение нестандартных задач в уранодобывающей промышленности при помощи стандартных алгоритмов (на примере блоков подземного выщелачивания Стрельцовского уранового месторождения).

Клиент-серверная составляющая горно-геологической САПР – обеспечение структуризации и стандартизации выходных расчетных данных системы в целом с интеграцией в единую базу данных по месторождению (на примере поиска оптимума по извлекаемой ценности урана и сопутствующих компонентов в элементарных добычных блоках при разработке Эльконского золотоуранового месторождения).

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫЯВЛЕНИЯ «СКРЫТЫХ» УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ АКУИНСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ**

**В.Н. Чеканов**

*ОАО «Сосновгео», г. Усть-Куда, Россия*

Акуинская ВТС представляет собой изометричную в плане вулканическую постройку кальдерно-купольного типа. В ее пределах выявлены три небольших месторождения, восемь рудопроявлений урана и около сотни рудных обломков с видимой урановой минерализацией. Однако крупные и даже средние объекты в контурах Акуинской площади так и не были выявлены. В первую очередь это обусловлено «скрытым» характером локализации масштабных объектов.

Основываясь на установленных закономерностях локализации уранового оруденения на известных объектах Акуинской ВТС и по аналогии с условиями локализации урановых месторождений в сходных ВТС (Тулукуевской, Сианьшанской, Северо-Боргойской) делается вывод, что наиболее перспективными являются участки проявления локальных вулканических аппаратов в пределах основных рудоконтролирующих разломов. В пределах этих аппаратов урановорудные залежи локализуются в эндо- и экзоконтактах экструзий на участках интенсивного развития послонных срывов, развития мощных зон пологой и крутопадающей трещиноватости. Наиболее рудонасыщенными будут являться узлы сочленения этих пологих зон с крутопадающими разрывами. Правомерность этого вывода подтверждается примером локализации богатой рудной залежи на Барун-Улачинском месторождении.

На основании анализа геологического строения и ураноносности Акуинской ВТС выделен ряд участков, в пределах которых четко просматриваются предпосылки для выявления масштабных рудных объектов «скрытого» типа.

## **ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕЛЬЦОВСКОГО ТИПА**

**Г.А. Шатков, П.М. Бутаков**

*ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

В мае сего года исполняется 50 лет со времени открытия Стрельцовского месторождения и более 40 лет успешной эксплуатации этого узла. Возникла актуальная необходимость укрепления сырьевой базы ППГХО и выявления новых объектов. За это время были выдвинуты и

апробированы многие концепции, касающиеся генезиса и закономерностей локализации месторождений данного типа. Они касались источников рудного вещества, последовательности и этапов рудообразования, возраста и возможной длительности эволюции Тулукуевской ВТС и индикаторов рудоформирующего процесса. К сожалению в настоящее время они не приводят к положительным результатам как на территории Стрельцовского рудного узла, так и на других территориях, где проводились в последнее время поисковые работы на этот тип.

В рамках работ по международному проекту «Атлас геологических карт Центральной Азии» были затронуты вопросы, касающиеся металлогении урана. На металлогенической карте 1:2 500 000 и картах-врезках масштаба 1:1 000 000 по территории Забайкалья кроме эталонной Тулукуевской ВТС показаны другие ураноносные структуры: Каменушинская (Россия), Дорнотская (Монголия), Сиань-Шань (Китай). Непосредственно в пределах Стрельцовского рудного узла в 2008-2012 гг. в небольшом объеме проводились геолого-геохимические и изотопно-геохронологические исследования. Результаты частично опубликованы и будут представлены в заявленном докладе.

**Краткие результаты.** Анализ многообразных геологических, металлогенических, петролого-геохимических и изотопно-геохронологических факторов позволяет обособить понятие «стрельцовский тип» от различных модификаций вулканогенного, вулканогенно-плутоногенного и гидрогенного типов урановорудных месторождений. «Стрельцовский тип» – это особая разновидность высокоресурсных вулканогенных урановых месторождений, которые связаны с внутрикратонными фтороносными субщелочными базальт-риолитовыми поясами и локализованы в долгоживущих (25-35 млн. лет) резургентных (возрожденных) вулканических депрессиях. Эти месторождения относятся к фтор-молибден-урановой рудной формации и регионально находятся в пределах уран-флюоритовых металлогенических поясов и областей. Месторождения стрельцовского типа – явление относительно редкое, зависящее от сочетания многочисленных факторов, ранжированных по качеству, интенсивности и последовательности.

#### **Главные элементы модели.**

- Региональная обстановка – это блоки древней континентальной литосферы, обогащенные U, Th, а также специализированные на широкий комплекс литофильных полезных ископаемых, включая довулканогенные локальные концентрации F, Mo, Be, Sn и др.

- Геодинамическая обстановка – процессы рассредоточенного рифтогенеза забайкальского типа или типа Провинции Бассейнов и Хребтов, с которыми связаны вулканогенные базальт-риолитовые пояса, вулcano-тектонические структуры и терригенно-вулканогенные впадины.

- Депрессионный тип вулcano-тектонических структур (ВТС) длительного развития (25-30 млн лет), формировавшихся в два этапа с перерывами до 10-15 млн лет, что характерно для Тулукуевской ВТС.

- Специфические петрологические и геохимические особенности базальтов и риолитов.

- Риолитовые очаги позднего этапа обладают высокой радиогеохимической специализацией с высоким Th/U отношением. Подобные очаги являются главным источником урана на месторождениях стрельцовского типа.

- Установлено, что очаги риолитов формировались длительно. В Тулукуевской кальдере риолитовый очаг формировался в три фазы:

Первая фаза (143-141 млн лет) (извержение игнимбритов) сопровождалась интенсивным выносом U, F, Mo в связи с процессами микрокристаллизации (фельзитизации) в приповерхностной обстановке. С этой фазой связывается первая стадия уранового рудообразования.

Вторая фаза (137-135 млн лет) – завершение кристаллизационной и, возможно, эманационной дифференциации в «постигнимбритовом» очаге. Это главный этап рудообразования, в котором активную роль играли фтор и фтороносные флюиды базальтоидного происхождения. В то же время этот очаг находился в сфере воздействия термальных вод, насыщенных кислородом, в том числе гипергенного происхождения.

С третьей фазой (129-127 млн лет) связаны небольшие тела перлитов с аномальными концентрациями цезия и рубидия. Вероятно, к этому времени относятся промышленные месторождения флюорита.

По близкой схеме происходило формирование Дорнотской и Каменушинской ВТС.

### **Выводы**

Использование современных геолого-геохимических и изотопно-геохронологических исследований может способствовать оперативной оценке (положительной или отрицательной) для многих слабоизученных площадей с отдельными признаками оруденения стрельцовского типа.

## **УРАН: ИТОГИ И ОТКРЫТИЯ НОВОГО ВЕКА**

**М.В. Шумилин**

*ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия*

Период 2001-2011 гг. характеризовался существенными изменениями структуры себестоимости минерально-сырьевой базы урана в мире. Доля наиболее дешевых ресурсов сократилась, а дорогих – возросла. Это изменение было обусловлено частично первоочередным погашением наиболее дешевых ресурсов, но в существенной мере также переоценкой

реальных затрат по освоению конкретных источников сырья в связи с инфляционными и кризисными процессами.

Месторождения с богатыми рудами выявлялись практически только в Канаде и прирост ресурсов таких руд происходил исключительно за счет месторождений типа несогласия. При этом среднегодовой прирост ресурсов составил около 13 тыс.т, а достигнутое к концу периода погашение превысило 10 тыс. т.

Месторождения, с особо благоприятными горнотехническими условиями (в т.ч. для обработки подземным выщелачиванием) в основном открывались в новых, слабо освоенных районах с неразвитой инфраструктурой, что определяло относительно высокую себестоимость урана таких источников. При этом достигнутые в 2009-2011 гг темпы погашения этих ресурсов, за счет интенсификации добычи в Казахстане, уже превысили среднегодовой прирост по категориям с себестоимостью <80\$/кг и компенсировались исключительно ресурсами высокой себестоимости.

В России современное состояние сырьевой базы урана характеризуется полным отсутствием ресурсов с себестоимостью <40\$/кг, низкой долей ресурсов <80\$/кг (7%) и преобладанием ресурсов, с себестоимостью 80-130\$/кг (68%). Прирост ресурсов в период 2001-2011 гг происходил за счет месторождений песчаникового типа (палеодолинных), в основном в Витимском районе, со сложными географо-экономическими условиями и в целом, роста сырьевой базы (с учетом погашения) не обеспечил.

В отличие от угля, нефти или газа, являющихся, по существу, относительно распространенными горными породами, уран является компонентом руд, т.е. геологических образований, гораздо более редких. Возможно, что человечеству уже пора озаботиться более экономным расходованием этого природного ресурса, использование которого в энергетике пока еще практически ограничивается утилизацией только изотопа  $^{235}\text{U}$ .

## **УНАСЛЕДОВАННОСТЬ РАЗВИТИЯ РУДНЫХ СИСТЕМ – КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР ГЛОБАЛЬНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ УРАНА**

**М.В. Шумилин**

*ОАО «Атомредметзолото», г. Москва, Россия*

Для пространственных ассоциаций урановых месторождений характерна унаследованность развития, выражающаяся в многократном, повторном их образовании в одних и тех же областях Земли. В одной из

предыдущих работ автора, было показано, что эта унаследованность проявляется на протяжении всей геологической истории, несмотря на то, что, в соответствии с современными геодинамическими представлениями, взаимное расположение континентальных блоков на поверхности земного геоида неоднократно менялось.

Целенаправленный сбор дополнительной информации по древнейшим концентрациям урана в кварцево-галечных конгломератах, показал, что эти образования распространены значительно шире, чем это представлялось прежде. Они встречаются на всех современных континентах и в период седиментации несомненно, представляли собой глобально развитую формацию.

Сопоставление пространственного положения месторождений таких конгломератов с палеореконструкциями суши периода их формирования (2500 млн л.) свидетельствует, что данная формация развивалась как кольцевой пояс, окружавший ледниковый щит древнего суперконтинента – Моногеи и, очевидно, формировалась поверхностными водотоками в зоне таяния льдов.

Для 9 из 11 известных крупных урановорудных провинций в начале геохронологической цепочки последовательно сменяющих друг друга формаций урановых месторождений, начальным звеном оказываются древние конгломераты. Для 2-х провинций Евразии (Центрально-Азиатской и Забайкальской) начальным звеном оказываются более молодые образования позднекаледонской и позднепротерозойской эпох, связанные с соответствующими орогенами.

Установленные закономерности, по мнению автора, указывают, что ключевая роль в механизме унаследованного развития урановой металлогении принадлежит экзогенным процессам. При этом механизм эрозионного выщелачивания и осаждения урана на окислительно-восстановительных барьерах, был задействован с середины протерозоя, а в предшествующую эпоху накопление урановых минералов в осадках, по-видимому, происходило преимущественно гравитационным путем. В предлагаемой модели для объяснения урановой специализации заключающих рудные провинции блоков Земной коры отнюдь не требуется привлечение каких-то гипотетических глубинных (мантийных) источников урана.



## РУДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ФЛЮИДОПРОВОДЯЩИЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕЛЬЦОВСКОЙ КАЛЬДЕРЫ

С.И. Щукин<sup>1</sup>, В.А. Петров<sup>2</sup>

*1 – ОАО «ППГХО», г. Краснокаменск, Россия*

*2 – ИГЕМ РАН, г. Москва, Россия*

Проведенный сбор, анализ и обобщение геолого-геофизических, палеогеодинамических, минералого-геохимических, изотопно-геохронологических, термобарогеохимических и других данных позволяет установить динамику протекания рудоподготовительных процессов и формирования флюидопроводящих разломных зон в северо-западной части Стрельцовой кальдеры с целью выделения перспективных участков для постановки поисковых работ. Установлено:

1. Наиболее долгоживущие флюидопроводящие структуры – межблоковые разломы СВ-ЮЗ, ССВ-субмеридионального, СЗ-ЮВ и, возможно, ЗСЗ-субширотного простирания. Из них к наиболее древним следует отнести СВ-ЮЗ разломы и зоны расщепления, которые были сформированы в протерозойский геотектонический цикл (ГТЦ) и претерпели реактивацию в результате глобальной перестройки поля напряжений и инверсии тектонических движений в Т3-Т2 время. Разломы ССВ-субмеридионального и СЗ-ЮВ направлений находились в динамической обстановке растяжения и повышенной флюидопроницаемости на протяжении каледонского и варисского ГТЦ. Они также были реактивированы в процессе позднемезозойской тектономагматической активизации (ТМА) региона. При этом уже на ранних этапах геотектонического развития территории в узлах пересечения разломов СВ-ЮЗ (Северо-Урулюнгуевская зона) и ССВ-субмеридионального (Чиндачинско-Цолотуйская зона) простираний формировались области повышенной флюидо-магматической активности, что подтверждается наличием тел (субвулканических?) амфиболизированных меланократовых габбро-диабазов.

2. Динамика формирования разломов в фундаменте (обрамлении) северо-западной части Стрельцовой кальдеры и в ее осадочно-вулканогенном чехле различается. В фундаменте и гранитном обрамлении (например, в районе Уртуйского гранитного массива) СВ-ЮЗ, ССВ-субмеридиональные и СЗ-ЮВ разломы являются межблоковыми структурами I порядка, в узлах пересечений которых формировались области долговременной циркуляции гидротермальных растворов и телескопированного проявления разновозрастных метасоматитов, что создавало условия, благоприятные для локализации жильно-штокеркового оруденения. В осадочно-вулканогенном чехле (например, район месторождения Дальнее) к межблоковым структурам I порядка следует

отнести СВ-ЮЗ и ССВ-субмеридиональные разломы, в узлах которых обеспечивался подток рудоносных растворов и их перераспределение в чехле. Здесь основная рудораспределяющая роль принадлежит СЗ-ЮВ сколам, которые являются внутриблоковыми структурами II порядка. Они образовались в результате правосторонних сбросо-сдвиговых смещений вдоль межблоковых разломов на этапе активизации (реактивации) их в процессе позднемезозойской ТМА. В узлах пересечения СЗ-ЮВ эшелонированных сколов с межформационными пологими срывами и субширотными крутопадающими кулисообразными сбросами создавались условия для формирования пластовых залежей.

3. На границе палеозоя и мезозоя (ТЗ-Ю2 время) в северо-западной части кальдеры сложилась геодинамическая обстановка, благоприятная для формирования депрессионной структуры типа пулл-апарт, расположенной эшелонированно по отношению к кальдере и в настоящее время скрытой под четвертичными и нижнемеловыми осадками впадины Сухой Урулюнгуй. Площадь этой структуры сопоставимы с площадью самой кальдеры, но морфогенетические параметры требуют специального дополнительного изучения. Наряду с этим палеотектонические реконструкции в сочетании с данными по динамике протекания рудоподготовительных процессов и формированию флюидопроводящих разломных зон позволяют выделить в её «прибортовых» частях три наиболее перспективных для постановки поисково-оценочных работ на уран участка. Два из них расположены в юго-восточном борту впадины Сухой Урулюнгуй в узлах пересечений Южно-Урулюнгуевской зоны разломов СВ-ЮЗ простирания с Талан-Гозогорским (на западе) и Меридиональным (на востоке) разломами. Здесь существуют предпосылки для обнаружения скрытого позднемезозойского уранового оруденения как в осадочно-вулканогенном чехле, так и в фундаменте. Третий участок расположен в районе Уртуйского гранитного массива в узле пересечения Северо-Урулюнгуевской зоны разломов СВ-ЮЗ простирания с меридиональным Чиндачинско-Цолотуйским разломом, где имеются предпосылки для обнаружения уранового оруденения в породах фундамента протерозойско-раннепалеозойского возраста.

Представляется, что именно на этих участках в северо-западной части Стрельцовой кальдеры наиболее целесообразно сконцентрировать дальнейшие изыскания. К тому же фундамент Стрельцовой кальдеры практически не изучен. В качестве основного рудоподготовительного фактора здесь следует рассматривать долгоживущие «сквозные» разломы, которые поставляли рудоносные флюиды в зону рудоотложения. Выявление таких структур – необходимое условие для обнаружения месторождений и крупных рудных залежей в Стрельцовском рудном поле.

## РАСШИРЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА

**В.В. Якшин, М.Н. Крохин**  
*ОАО «ВНИИХТ», г. Москва, Россия*

Изучены процессы окислительно-восстановительного потенциометрического титрования малых содержаний урана в смешанных системах с применением автоматического титратора. Установлено, что на точность определения урана существенно влияет состав водной фазы, что особенно актуально при определении малых количеств урана. Исследования проводились на нижней границе содержаний урана, доступных для количественного определения согласно аттестованной методике, в 0,1-0,2 мг в пробе. Было установлено, что применение серной кислоты совместно с фосфорной не только позволяет улучшить точность определения урана, но и повышает качество кривых титрования благодаря увеличению разницы между формальными потенциалами пар урана и ванадия минимум на 100 мВ, что очень важно при работе со сложными по составу растворами.

Было обнаружено, что применение органических растворителей при определенном их соотношении с неорганической фазой также ведет к улучшению метрологических характеристик результатов определения урана. Так, при определении 0,1-0,2 мг урана в смешанных системах фосфорная кислота – органический растворитель выстраивается следующий ряд эффективности применяемого растворителя по точности определения урана с использованием ванадата аммония в качестве титранта: ацетон > ацетонитрил > нитрометан > изопропанол. При этом показатели точности при определении урана с использованием ацетона значительно лучше, чем при использовании других органических растворителей, при применении которых метрологические характеристики близки. Это позволяет определять в присутствии ацетона 0,1 мг урана с высокой точностью, что было невозможно при использовании водных растворов фосфорной кислоты. Отмечалось также улучшение метрологических характеристик при использовании всех органических компонентов при увеличении их содержания от 0% до 30% по объему.

В дальнейшем было обнаружено, что влияние ванадия на результаты определения урана можно снизить, применяя в качестве среды наряду с фосфорной кислотой серную кислоту и изопропанол. Было установлено, что в фосфорнокислой среде присутствие ванадия ведет к завышению результатов анализа, связанное с совместным титрованием ванадия и урана при использовании трихлорида титана в качестве растворителя. Добавление трехвалентного железа в ходе пробоподготовки снимает это влияние. Возникающее в этом случае занижение результатов анализа устраняется добавлением серной кислоты и этанола в определенном

соотношении. В случае определения урана в присутствии ванадия установлен следующий ряд комбинаций сред по возрастанию эффективности их применения: фосфорная кислота < фосфорная кислота + изопропанол < фосфорная кислота + серная кислота < фосфорная кислота + серная кислота + изопропанол. Так было установлена оптимальная комбинация компонентов: 1/3 изопропанол, 1/3 фосфорной кислоты плотностью 1,6 г/см<sup>3</sup> и 1/3 12 Н серной кислоты по объему позволяет определять уран с точностью в пределах 10% при массовом соотношении урана и ванадия 1:10 вместо 1:0,5 в фосфорнокислой среде.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ТОРИЯ И УРАНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ХАКАСИИ**

**А.С. Янкович**

*ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск, Россия*

В.И.Вернадский [2], отмечая общие и отличительные особенности геохимии урана и тория в магматическом, гидротермальном и эндогенном процессах, «всюдность» их присутствия, выдержанность величин Th/U в продуктах магматических процессов, подчеркивает высокую степень подвижности урана в водных растворах и инертность тория, который не переходит в раствор и его концентрации в земных условиях должны быть ничтожными. В связи с этим можно предположить, что разделение урана и тория геохимическими процессами связано не с их генетическими соотношениями, а с геохимией природных вод, с растворимостью их соединений в условиях земной коры. Сведения о характере взаимоотношений этих элементов в природных водах весьма ограничены, несмотря на то, что широко обсуждается распространенность урана и тория в горных породах, в почвах и донных осадках.

Целью настоящей работы является исследование распространенности урана и тория в природных водах Республики Хакасия, различного состава и минерализации, и характер изменения в них торий-уранового соотношения.

Полевые гидрогеохимические исследования выполнялись в 1994-2009 гг. сотрудниками НОЦ «Вода» ИПР ТПУ. Опробование природных вод проводилось на всей территории Хакасии. Изученные, объекты опробования представлены 27 водотоками, 20 озерами и в 97 точках подземные воды. Количественный химический состав вод выполнен в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Института природных ресурсов Томского политехнического университета. Масс-спектральное

определение микрокомпонентов в водах выполнено в ООО Химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

Рассматриваемые природные воды весьма разнообразны по величине минерализации и их составу (таблица). Концентрации урана в водах Хакасии изменяются от 0,000007 до 0,088121 мг/л при среднем содержании 0,01175 мг/л, а тория – от 0,0000001 до 0,001996 мг/л, при среднем содержании 0,000050 мг/л. Торий-урановое отношение в среднем составляет 0,004.

Таблица

Содержание урана и тория в природных водах Республики Хакасия

Объект исследований	pH	Eh	TDS, мг/л	U, мг/л	Th,мг/л	Th/U
<b>Поверхностные водотоки (27)*, в т.ч.</b>	7,8	209,0	271,9	0,00095	0,000047	0,049
Воды равнинной части (5)	8,1	-	465,0	0,00298	0,000104	0,035
Воды горной части (22)	7,6	209,0	191,4	0,00049	0,000034	0,069
<b>Озера (20), в т.ч.</b>	8,8	50,3	11308,0	0,01550	0,000178	0,011
Воды равнинной части (18)	8,9	47,9	12484,1	0,01690	0,000194	0,011
Воды горной части (2)	8,4	70,	723,4	0,00205	0,000030	0,015
<b>Подземные воды (97), в т.ч.</b>	7,5	57,9	1211,6	0,01400	0,000025	0,002
Воды равнинной части (87)	7,5	69,5	1295,2	0,01390	0,000024	0,002
Воды горной части (10)	7,7	-45,6	485,0	0,01470	0,000034	0,002
<b>Природные воды, в т.ч (144)</b>	7,7	67,8	2599,3	0,01180	0,000050	0,004
Воды равнинной части (110)	7,8	67,0	3088,3	0,01390	0,000055	0,004
Воды горной части(34)	7,7	71,8	358,1	0,00477	0,000034	0,007

\* в скобках указано количество пунктов опробования

Таким образом, наибольшее содержание тория отмечается в водах озер и рек равнинной части территории. Для урана отмечается тенденция к накоплению в водах с ростом минерализации при относительно постоянном уровне концентраций тория. Торий–урановое отношение в водах на порядки ниже, чем в горных породах, почвах, донных отложениях рассматриваемой территории [1].

#### Литература

1. Арбузов С.И., Рихванов Л.П. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие 3-е изд., исправленное и дополненное. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 300 с.
2. Вернадский В.И. Очерки геохимии. – Ленинград: Горно-геолого-нефтяное изд-во, 1934. – 380 с.

## **КРУПНЫЕ РУДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ТРЭП-КАЛЬДЕРАХ И ИХ ОТОБРАЖЕНИЕ В ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ**

**И.И. Абрамович<sup>1</sup>, Е.Б. Высокоостровская<sup>2</sup>, Е.А. Лаубенбах<sup>3</sup>**

*1 – ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

*2 – ФГУНПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург, Россия*

*3 – ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем», г. Москва, Россия*

Исследованиями последних лет установлено, что источником урана уникальных и крупных месторождений является верхняя мантия. Формирование практически всех богатых месторождений урана происходит в зонах конвергенции литосферных плит. В процессе субдукции на астеносферном уровне в  $\tau$ -градиентных полях происходит обособление урансодержащих флюидов и их концентрация в тыловых областях субдукционных зон. Этот процесс оказывается эффективным при наличии в этих областях относительно локальных подъемов кровли астеносферного канала – астеносферных флюидных ловушек. В дальнейшем, преимущественно на стадии коллизии, в связи с частичной консолидацией флюидно-расплавного наполнения ловушек, происходит их проседание с формированием трэп-кальдер (кальдеры над ловушками). Это сопровождается возникновением разломов – зон транслитосферной проницаемости, соответствующих периферии кальдер (кольцевым структурам), иногда секущим глубинным разломам. Ураноносные флюиды, используя эти зоны, поднимаются к земной поверхности, формируя крупные и нередко с богатыми рудами месторождения урана. При размещении трэп-кальдеры в ближнем, умеренно обводненном тылу, субдукционной зоны в ней локализуется уран-молибденовое оруденение. В дальнем тылу формируются собственно урановые, золото-урановые или, что реже, уран-редкометальные месторождения.

В настоящее время выявлено более десятка ураноносных трэп-кальдер. Примером трэп-кальдеры, формировавшейся в ближнем тылу мезозойской субдукционной зоны, является Стрельцовская, вмещающая 20 крупных уран-молибденовых месторождений с богатыми рудами. К трэп-кальдерам, с оруденением «песчаникового» типа, можно отнести Средне-Азиатские и Плато Колорадо. Трэп-кальдеры могут выступать вмещалищами и для других полезных ископаемых, в частности, золоторудных месторождений, что определяется спецификой геодинамического режима, существовавшего в период субдукции. Такова, в частности, Центрально-Алданская трэп-кальдера, в пределах Центрально-Алданского рудного района (ЦАРР), с золото-урановым оруденением, формировавшаяся на активной окраине Евразийского материка в период закрытия Монголо-Охотского океана. Ее более древними аналогами являются Верхневороговская трэп-кальдера рифейского возраста на Енисейском кряже и Олимпик-Дэм на восточной окраине кратона Гоулер с крупнейшим и богатым золото-урановым оруденением.

При геолого-съёмочных и прогнозно-поисковых работах трэп-кальдеры выявляются по геоморфологическим данным, отображаются в геофизических полях. Нередко в их пределах присутствуют небольшие тела базитов и их кремнекислые дифференциаты. Часто эти породы отличаются повышенным содержанием калия и радиоактивных элементов. Практически все они размещаются в областях пониженного геопотенциала, пониженного гравитационного поля, что отображает термически обусловленное разуплотнение в пределах коры и верхней мантии. В магнитном поле фиксируются положительные аномалии по периферии трэп-кальдер, индуцированные инъекциями базитовой магмы. Сейсмическими измерениями под этими структурами регистрируются области пониженной добротности и снижения скоростей сейсмических волн.

Для ЦАРР, являющегося проекцией на дневную поверхность астеносферной ловушки, в пределах двух миллионных листов системно обобщена геолого-геофизическая информация, позволяющая существенно расширить контур рудного района и обосновать переоценку сырьевой базы урана и золота, потенциал которых ещё далеко не раскрыт. Проблема выяснения закономерностей размещения уникальных по масштабам рудных скоплений Центрально-Алданской трэп-кальдеры решалась методом последовательной генерализации ретроспективных материалов изучения геофизических полей, включая естественное гамма-поле земной поверхности, позволившим уже на региональном уровне выявить аномальные геохимико-геофизические неоднородности геологической среды – индикаторы наличия крупных рудных объектов – так называемые ринг-структуры, являющиеся каналами поступления и миграции глубинных флюидов с повышенными содержаниями урана и золота. Уникальное по масштабам золото-урановое оруденение ЦАРР связано как с полями развития мезозойских интрузий, с их малоглубинными очагами (выявлены по трансформантам магнитного поля – до 30 км), так и с глубинными магматическими очагами, что подтверждается результатами изотопных анализов, разноуровневыми трансформантами гравитационного поля (100-120 км).

Сегодня реально и выявление новых рудоносных трэп-кальдер, содержащих скрытые, не выходящие на поверхность урановые месторождения, чему должны предшествовать региональные геофизические, радиогеохимические исследования, палеогеодинамические реконструкции, в первую очередь, – в пределах «старых» горнорудных районов. При этом могут быть обнаружены ранее неизвестные рудные узлы, которые соответствуют локальным выступам в кровле палеоловушек – «горячих пальцев», в терминологии японских геологов. В процессе этих работ, вероятно, выявятся рудоносные трэп-кальдеры с иной, не только урановой, специализацией. В связи с этим представляется оправданным проведение (радио)геохимического картирования территории, в результате которого появится возможность оценивать параметры региональной (радио)геохимической зональности, несущей важную информацию о

специфике геодинамического режима, существовавшего на палеограницах литосферных плит в период их конвергенции, а также оценивать специализацию флюидных потоков, определяющих их рудный потенциал.



Научное издание  
ФГУП «ВИМС»

Тезисы Третьего международного симпозиума  
«Уран: геология, ресурсы, производство»

Редакционно-издательский сектор (РИС) ВИМС.  
119017, Москва, Старомонетный пер., д. 31. Тел. (495) 9503570  
Компьютерная верстка: Е.О.Козлова, А.В.Барышников.  
Отпечатано на ризографе в РИС ВИМС.

Подписано в печать 26.04.2013 г.  
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 8,2  
Тираж 150 экз. Заказ № 24.