

На правах рукописи

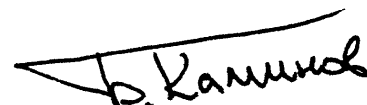
Каминов Басан Юрьевич

**УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ
ЭКЗОГЕННОГО УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ
В ГАШУНСКОЙ ВПАДИНЕ
(Ростовская область, Республика Калмыкия)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук



Москва – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС»)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Печенкин Игорь Герtruдович
зам. генерального директора по научной работе
ФГУП «ВИМС»

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Голева Рита Владимировна
гл. научный сотрудник ФГУП «ВИМС»

кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Жданов Алексей Владимирович
МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе

Ведущая организация: ОАО «Атомредметзолото»

Защита состоится 14 июня 2013 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС») по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС»

Автореферат разослан «___» мая 2013 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Лугоvская И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утвержденная Правительством Российской Федерации в 2009 г., предусматривает, что увеличение потребности страны в электроэнергии в значительной степени будет покрываться за счет ее выработки атомными электростанциями. В энергетическом балансе России атомная энергетика составляет 11 % по установленной мощности и 16 % по производству. Долю установленной мощности всех АЭС страны планируется увеличить до 18,6 % к 2015 году, а в дальнейшем, к 2030 году, до 25 %. Все это резко увеличивает потребности атомной промышленности в природном уране. Современные годовые потребности России составляют 19,3 тыс. т урана, в том числе для российских АЭС 4,0 тыс. т, для экспорта тепловыделяющих сборок – 4,3 тыс. т, для экспорта низкообогащенного урана – 11,0 тыс. т. Для покрытия этих потребностей используются преимущественно складские запасы различного сырья, которые неуклонно сокращаются, импорт сырья и вторичные источники. При этом добыча природного урана на российских предприятиях достигает лишь 3,3 тыс. т в год.

Нарастающий дефицит добычи уранового сырья определяет необходимость выявления месторождений и урановорудных районов для создания новых добывающих производств. В этом плане большой интерес представляют месторождения, расположенные в экономически освоенных районах и, прежде всего, пригодные для отработки высокорентабельным способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ).

Одним из таких объектов является Балковское месторождение, сравнительно недавно выявленное в Республике Калмыкия и локализованное в песчаных отложениях миоценового возраста. Оно представляет собой новую разновидность гидрогенных месторождений песчаникового типа и отличается от известных объектов Зауральского и Витимского рудных районов межформационной позицией оруденения. В 2006-2009 гг. опытные работы по выщелачиванию урана на полигоне Балковского месторождения показали принципиальную возможность его отработки способом СПВ.

Выявление подобных объектов на территории России представляется одной из задач геологоразведочных работ на уран. В связи с этим определение литолого-структурных, минералого-геохимических и иных закономерностей локализации уранового оруденения в пределах Гашунской впадины является актуальным и необходимым.

Цель работы. Установить особенности процессов экзогенного уранового рудообразования в пределах Гашунской впадины, расположенной в южной части системы Палео-Дона.

Основные задачи работы.

1. Уточнить основные этапы геологического развития района и его положение в региональных тектонических структурах.
2. Проанализировать палеогеографические условия нижнего течения Палео-Дона в неоген-четвертичное время.

3. Исследовать особенности развития зон окисления в Яшкульской мульде, их морфологию особенности и возможную продуктивность.

4. Обосновать роль первичных накоплений урана и различных восстановителей при формировании руд Балковского месторождения.

5. Выявить главные факторы, определяющие продуктивность урановорудных процессов в пределах Гашунской впадины.

Научная новизна работы. На основании проведенных исследований получены следующие новые данные:

1. Установлено, что кряж Карпинского – тектоническая структура, определяющая фациально-палеогеографические, литолого-геохимические особенности области сочленения Русской платформы и Скифской плиты в новейшее время, и условия первичного накопления урана с его последующей трансформацией.

2. Выделены специфические морфологические типы зон окисления, развивающиеся при слабом гидродинамическом режиме – собственно пластовый и кулисно-линзовидный.

3. Выявлено наличие трех типов восстановительных барьеров, определяющих контрастность оруденения. Показано, что наиболее высокие концентрации урана связаны с двумя из них – катунами фосфатно-карбонатных пород и диагенетическими конкрециями франколитов.

4. Установлено, что катунная фация играет двойную роль. С одной стороны это местный источник урана, с другой – восстановительный барьер для металла при развитии зон окисления.

Практическая значимость. Разработанные критерии формирования эталонного объекта – месторождения Балковское, расширяют перспективы ураноносности региона. Предложенные подходы позволят системно ориентировать прогнозно-поисковые работы и служить методической базой для их дальнейшего проведения.

Методы исследования. Цели и задачи работы предопределили комплексный характер исследований, включающих в себя: сбор, анализ и научное обобщение геологических материалов. Изучение особенностей локализации экзогенного уранового оруденения как в полевых, так и камеральных условиях велось по общепринятым методикам. При этом изучалось: строение ураноносных залежей, эпигенетические изменения и их зональность, литолого-геохимические типы пород рудовмещающих горизонтов, характер рудной минерализации. Автором использовались результаты минералого-аналитических исследований в ФГУП «ВИМС» и лабораторных испытаний руд, выполненных ОАО «ВНИИХТ».

Положения, выносимые на защиту.

1. Гашунский ураноносный район контролируется областью сочленения северной границы Восточного Паратетиса с субмеридианальной зоной Окско-Донского новейшего прогиба. Здесь в олигоцен–раннемиоценовый период сформировалось фосфорно-редкоземельно-урановое сингенетичное оруденение. Впоследствии вдоль поперечной зоны в среднемиоцен-четвертичное время образовались палео-русовые системы, с

которыми связано частичное разрушение первичного оруденения, а позднее – его инфильтрационное перераспределение.

2. Ураноносные зоны окисления в Яшкульской мульде развиваются в условиях слабонапорной гидродинамической системы с нисходящей инфильтрацией подземных вод и преимущественно местным источником металла. Выделяются два морфологических типа зон – собственно пластовый и кулисно-линзовидный. Первый связан с пластовой инфильтрацией водных потоков на склонах локальных поднятий в предергенинское время, второй – с каскадным проникновением на глубину кислородсодержащих вод через внутриформационные врезы и другие фациальные неоднородности, игравшие роль гидравлических «окон».

3. Балковское экзогенно-эпигенетическое месторождение, перспективное для освоения прогрессивным методом скважинного подземного выщелачивания, локализуется на приподнятом террасовидном уступе, обособленном в кровле майкопской толщи. Основные рудные залежи связаны с подошвой зоны пластового окисления, наложенной на песчаные отложения «катунной» фации, обогащенной обломками первично ураноносных франколитовых пород майкопской серии. Эти отложения, служившие источником урана, а также породы с конкрециями диагенетического франколита характеризуются повышенными восстановительными свойствами, благоприятными для инфильтрационного рудообразования.

Фактический материал и личный вклад.

В основе диссертационной работы лежат материалы, полученные в процессе полевых и камеральных исследований, проводившихся с 2005 по 2013 гг. в составе группы ФГУП «ВИМС». Автор участвовал в договорных работах с ОАО «Кольцовгеология» по поискам инфильтрационного уранового оруденения на территории Восточного участка Гашунской площади и в поисково-оценочных работах на Балковском месторождении урана. В процессе полевых работ диссертантом при документации керна скважин отбирались образцы и рудные пробы для минералого-аналитических исследований и лабораторных технологических испытаний. На основе полевых материалов автором были построены литолого-геохимические разрезы по поисковым и поисково-оценочным профилям, позволившие определить геолого-структурное положение Балковского месторождения. При непосредственном участии автора составлена карта проницаемости рудовмещающих отложений, отражающая характер распространения рудоформирующих зон окисления и особенности формирования экзогенного эпигенетического уранового оруденения на территории Гашунской площади. Результаты, полученные при проведении литолого-геохимических исследований, использовались при построении карт ураноносности Балковского месторождения. Для характеристики технологических свойств оруденения использованы результаты натуральных испытаний, выполненных сотрудниками ОАО «Кольцовгеология» и ОАО «ВНИИХТ». В процессе работы автором были обобщены материалы предыдущих исследований,

характеризующих закономерности формирования фосфорно-редкоземельно-уранового оруденения, позволившие выявить пространственную связь двух типов оруденения – сингенетического и эпигенетического. В работе также использованы результаты обобщения диссертантом опубликованной литературы по исследуемому району и фондовых материалов ОАО «Кольцовгеология» и ФГУП «ВСЕГЕИ».

Апробация работы и публикации. Результаты исследований и основные положения диссертации докладывались автором на Ученом совете ФГУП «ВИМС», на международной конференции «Рудогенез» (Миасс, 2008 г.), III межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2008 г.), четырех Всероссийских научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов (Москва, 2008, 2009, 2011, 2012 г.), XI международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2013 г.) и на III международном симпозиуме «Уран: геология, ресурсы, производство». Основные идеи диссертации отражены в 12 публикациях, в том числе 1 в издании, входящем в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 111 наименований. Объем работы составляет 159 страниц, 55 иллюстраций и 7 таблиц. *Введение* содержит информацию об актуальности, цели, задачах исследования, показаны его научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора, приведена апробация работы. В *первой главе* уточнены основные этапы геологического развития района и его положение в региональных тектонических структурах, проанализированы палеогеографические условия северного борта Палеотетиса и нижнего течения Палео-Дона в неоген-четвертичное время. Во *второй главе* разобрана история изучения ураноносности Гашунской площади, которая проходила в несколько этапов. В *третьей главе* рассмотрены основные черты геологического строения яшкульской мульды, наиболее перспективной территории на выявление экзогенного уранового оруденения. *Четвертая глава* посвящена особенностям урановорудных процессов в ее пределах и условий, влияющих на их продуктивность. В *пятой главе* излагается материал об обстановке, при которой формировался эталонный объект региона – Балковское месторождение. В *заключении* перечислены основные научные и практические результаты работы.

Благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д. г.-м. н. И.Г. Печенкину за руководство и поддержку. Диссертант сердечно благодарит своего учителя, к. г.-м. н. С.Д. Расулову за ценные замечания, редакцию и предоставленные материалы для проведения исследований, под руководством которого проводились полевые работы, геолого-структурные построения и интерпретация результатов. Автор глубоко признателен за неоценимую помощь, поддержку и критические замечания к. г.-м. н. Г.А. Тархановой, д. г.-м. н. В.Н. Щеточкину, д. г.-м. н. В.Т. Дубинчуку, и науч. сотруднику О.В. Кутуевой, а также руководителю отдела экзогенных урановых месторождений А.Д. Коноплеву. За

практическую помощь и содержательные консультации диссертант искренне благодарен сотрудникам отдела уранового сырья и отделения аналитических, минералогических и технологических исследований ФГУП «ВИМС». Особую благодарность автор выражает коллективу ОАО «Кольцовгеология» за профессиональное сотрудничество и поддержку при организации совместных полевых исследований.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Первое защищаемое положение. Гашунский ураноносный район контролируется областью сочленения северной границы Восточного Паратетиса с субмеридианальной зоной Окско-Донского новейшего прогиба. Здесь в олигоцен–раннемиоценовый период сформировалось фосфорно-редкоземельно-урановое сингенетичное оруденение. Впоследствии вдоль поперечной зоны в среднемиоцен-четвертичное время образовались палео-руслово-русловые системы, с которыми связано частичное разрушение первичного оруденения, а позднее – его инфильтрационное перераспределение.

Территория, прилегающая к району исследования, охватывает несколько геотектонических элементов Юга России: фрагменты Восточно-Европейской, Скифско-Туранской платформ и Северо-Кавказской складчатой системы.

По времени консолидации земной коры в доюрском структурно-вещественном комплексе оформились древняя Восточно-Европейская платформа и эпигерцинская Скифско-Туранская платформа. В составе альпийского осадочного чехла различаются: позднеюрско-эоценовый (платформенный), олигоцен-раннемиоценовый (раннеорогенный) и среднемиоцен-антропогеновый (позднеорогенный) структурные этажи (Греков, 2005, Короновский и др., 1999, Масляев, 1990 и др.).

Позднеюрско-эоценовый платформенный структурный комплекс в значительной степени наследует черты предыдущих этапов тектонического развития. Формированию альпийского структурного этажа предшествовала существенная перестройка тектоники региона, связанная с ранне- и позднеколлизийными тектоническими движениями в Большекавказской мобильной зоне. Структура раннеколлизийного олигоцен-раннемиоценового (майкоп) комплекса обусловлена развитием Предкавказских краевых прогибов при одновременной активизации восходящих движений на площади кряжа Карпинского и Восточно-Европейской платформы. Структура миоцен-плейстоценового позднеколлизийного комплекса в значительной мере является производной дальнейшего развития поперечной зональности и сглаживания границ в области сочленения кряжа Карпинского и Восточно-Европейской платформы. Между олигоцен-нижнемиоценовыми и миоцен-плейстоценовой толщами отмечается почти повсеместный перерыв в осадконакоплении.

Общий структурный план в значительной степени подчинен транскавказской поперечной зональности, ведущая роль в которой принадлежит Транскавказскому поперечному поднятию.

Преимущественно продольно-кавказская тектоническая зональность на ранних этапах тектогенеза сменилась на преимущественно поперечную на завершающем – орогенном.

Альпийский этап тектонического развития региона определил условия осадконакопления в морских бассейнах Паратетиса, обособившегося в конце эоцена – начале олигоцена к северу от моря Тетис. Произошла смена преимущественно карбонатного осадконакопления на терригенное. Район исследований расположен на северном борту Восточного Паратетиса, периодически теряющего связь с Мировым океаном (Попов и др., 2009, Dercourt J. et al., 2004, Попов et al., 2004 и др.).

Восточный Паратетис в олигоцене–раннем миоцене явился ареной грандиозного по масштабам рудообразования. Здесь сформировались крупнейшая марганцеворудная провинция и уникальные по своей природе месторождения фосфорно-редкоземельно-урановой рудной формации. Пространственное положение урановых месторождений закономерно и палеотектонически мотивировано. Они тяготеют в основном к северной части глубоководной котловины Восточного Паратетиса, к системе островных поднятий и отмелей внешней части шельфовой области.

Формирование данных объектов, по мнению ряда исследователей, связано с палеотектоническими, палеогеографическими и историко-геологическими особенностями глубоководной области Восточного Паратетиса – с сероводородным заражением вод, которое могло быть как причиной массовой гибели рыб, так и их сохранности в ископаемом состоянии и концентрации в них различных рудных элементов (Столяров, Ивлева, 2008 и др.).

Последующая геологическая история региона связана с развитием крупных палеорек (Застрожнов, 2009, Шик, Гричук, 1977 и др.) и частичным разрушением и перераспределением первичных урановых концентраций. Эти процессы преимущественно происходили в пределах Окско-Донского прогиба, обусловленного полосой новейшего погружения, тяготеющей к зоне субширотного растяжения (Копп, 2004).

В самом конце раннего миоцена неглубокий каньон Палео-Дона прорезал с севера на юг плоскую равнину в пределах современной Окско-Донской низменности. Последующее резкое падение уровня моря обусловило формирование в среднем миоцене уже крупной речной долины, протянувшейся от Подмосковья до Яшкуля в Калмыкии. Ее ширина достигала 50 км, а в дельте – 60 км при глубине 80-120 м пределах Окско-Донской низменности, а ближе к устью – до 300 м.

В подстилающих олигоцен-раннемиоценовых, преимущественно глинистых отложениях, формировались многочисленные понижения в палеорельефе. Размывы приводили к вскрытию «катунной» фации с

повышенными концентрациями урана. Происходило его частичное перераспределение с концентрацией в низах яшкульской серии (рис. 1).

Морской бассейн, в который впадал Палео-Дон, временами наступал на сушу, превращая долину реки в мелководный залив, доходящий иногда до истоков. Это происходило неоднократно – в чокракское, караганское и конкское время. Обмеление Сарматского моря привело к возрождению течения Палео-Дона с последующим новым поглощением долины морским бассейном. Снижение уровня Сарматского моря до 200 метров вызвало наиболее глубокое врезание Палео-Дона. Отложения морских бассейнов, как правило, характеризуются наличием глауконита.

Падение уровня Понтического моря вызвало новый этап жизни палеоречной системы (Застрожнов, 2009). Ее дельта достигает максимума (Ергень-река) в позднемиоцен-среднеплиоценовое время. Позднее основная долина смещается западнее изучаемой площади вплоть до Таганрогского залива. К концу эоплейстоцена водность реки резко снизилась.

В четвертичном периоде Дон в нижнем течении смещался в соответствии с колебаниями уровня Азово-Черноморского бассейна.



Рис. 1. Положение Балковского месторождения в структуре майкопского фундамента в Яшкульской мульде

1 – четвертичные отложения; 2 – песчаные отложения ергенинской серии; 3 – песчано-глинистые отложения яшкульской серии; 4 – глинистые отложения майкопской серии; урановое оруденение: 5 – первичное, 6 – переотложенное

Таким образом, основная структура региона, определяющая границы фациальных областей, распространение литолого-геохимических типов пород, первичное накопление урана в конкретных геологических условиях и его последующую трансформацию – Кряж Карпинского. Особенности его строения позволили специалистам определить эту структуру как инверсионный континентальный рифт, заложенный в девоне. Область его сочленения с новейшим Окско-Донским прогибом стала ареной как разрушения первичных накоплений урана в толще олигоцен-раннего миоцена, так и его новых концентраций в породах яшкульской серии.

Второе защищаемое положение. Ураноносные зоны окисления в Яшкульской мульде развиваются в условиях слабонапорной гидродинамической системы с нисходящей инфильтрацией подземных вод и преимущественно местным источником металла. Выделяются два морфологических типа зон – собственно пластовый и кулисно-линзовидный. Первый связан с пластовой инфильтрацией водных потоков на склонах локальных поднятий в предергенинское время, второй – с каскадным проникновением на глубину кислородсодержащих вод через внутриформационные врезы и другие фациальные неоднородности, игравшие роль гидравлических «окон».

Гашунская площадь находится в Республике Калмыкия и Ростовской области, в междуречье Волги и Дона, в пределах Ергенинской возвышенности с абсолютными отметками от +110 м до +220 м. Она расположена на стыке Скифской плиты и Русской платформы, на территории двух блоков кряжа Карпинского – западного Куберлинского и центрального Элистинского (рис. 2). Площадь территориально совпадает с Гашунской впадиной, которая состоит из двух мульд: Хуторской и Яшкульской. Поисково-оценочные работы проводились только в Яшкульской мульде.

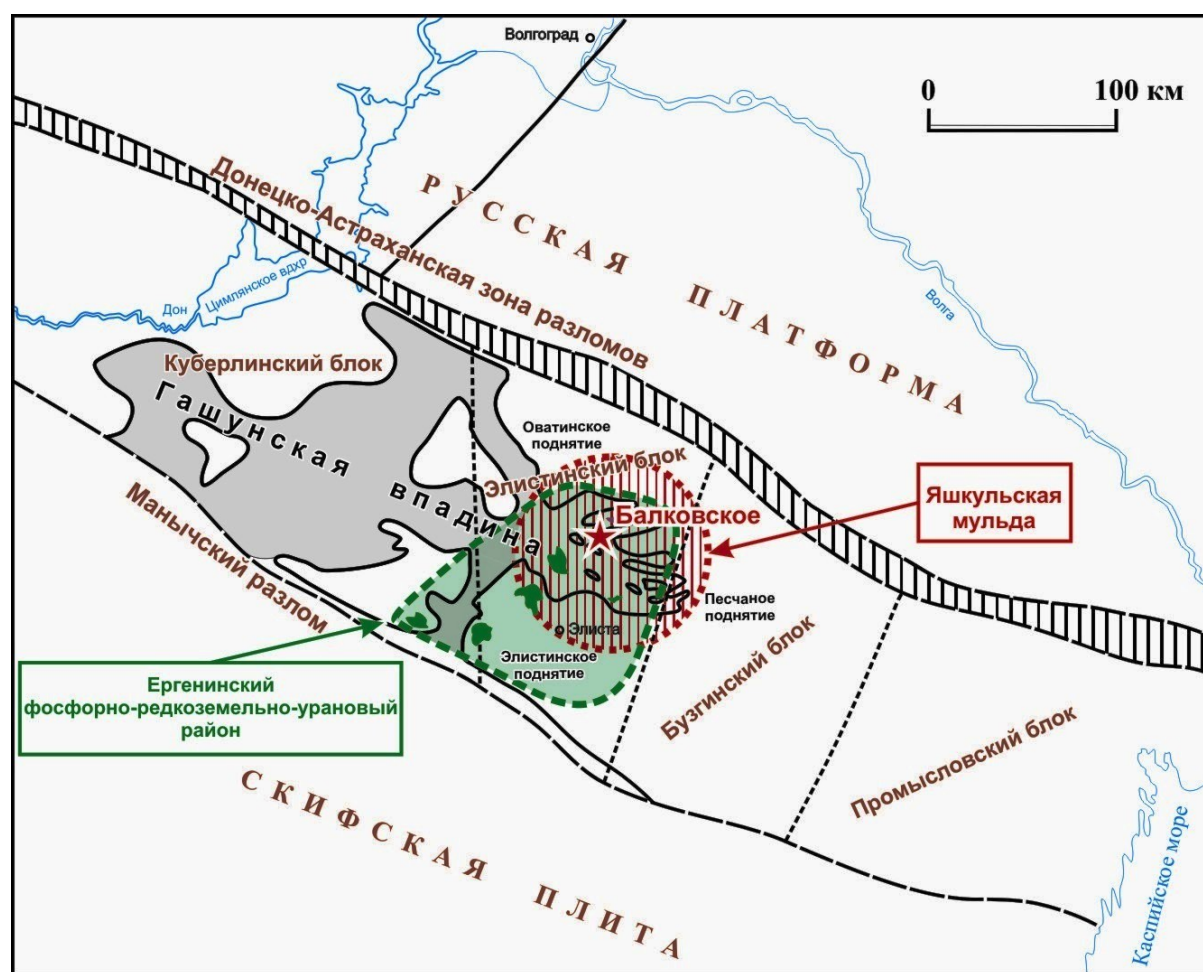


Рис. 2. Геолого-структурная схема области сочленения Скифской плиты и Русской платформы

В гидрогеологическом отношении Яшкульская мульда расположена в юго-восточной части Ергенинского малого артезианского бассейна с незначительными – до 100 м превышениями областей питания над областями разгрузки, что обусловило вялый гидродинамический режим (Капустин, 1970). Артезианский бассейн был образован в предплиоценовое время, когда в результате тектонической активизации майкопская толща претерпела сводообразование (Панченко, 1982).

Перспективные на уран песчано-глинистые отложения среднего-верхнего миоцена относятся к яшкульской серии, состоящей из трех свит (снизу вверх по разрезу): загистинской N_1^2zg , балковской N_1^2bl и оватинской N_1^3ov (Застрожнов, 1995), имеющих трансгрессивный характер залегания. Основным рудовмещающим горизонтом является загистинская свита, в меньшей степени – балковская, а в оватинской оруденение отсутствует.

Яшкульская серия с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на эрозионной поверхности отложений майкопской серии верхнего-олигоцена – нижнего-миоцена, содержащей горизонты фосфорно-редкоземельно-уранового оруденения, образующего Ергенинский урановорудный район (Столяров, 1991). На территории Яшкульской мульды они сохранились в виде реликтов только на приподнятых участках майкопского палеорельефа. В кровле майкопских глинистых отложений проявлена зона поверхностного окисления, свидетельствующая о перерыве в осадконакоплении. В базальных слоях песчаных отложений загистинской и частично балковской свит получила распространение так называемая «катунная» фация, представленная обломками и катунами фосфатно-карбонатных пород и являющаяся продуктом размыва фосфорно-редкоземельно-уранового оруденения. Поверхность майкопского фундамента осложнена депрессионными структурами тектонического происхождения. Две наиболее протяженные из них прослеживаются на севере и на юге вдоль майкопских поднятий и разделяются платообразным поднятием в центральной части мульды.

Яшкульские горизонты с угловым и стратиграфическим несогласием перекрываются регионально развитыми окисленными песчаными отложениями ергенинской серии нижнего плиоцена.

На большей части территории мульды яшкульские отложения относятся к прибрежно-морскому фациальному комплексу. Только в ее северо-западной части два нижних горизонта представлены континентальными фациями. Морские отложения – светло-серые, зеленовато-серые олигомиктовые хорошо сортированные кварцевые пески с примесью глауконита, местами содержащие глауконит-фосфатную ассоциацию. В континентальных отложениях глауконит отсутствует. Наиболее проницаемые отложения распространены в северной и центральной частях яшкульской мульды. К востоку и югу они фациально замещаются глинистыми непроницаемыми отложениями.

Майкопские глины характеризуются низкими содержаниями урана. Такими же низкими содержаниями урана обладают вмещающие глауконит-

кварцевые пески. Повышенная ураноносность до сотых долей процента свойственна обломкам и катунам фосфатно-карбонатных пород, которые выступают в качестве дополнительного местного источника урана. По данным минералогических исследований уран находится в рассеянном состоянии, приурочиваясь к центральным частям этих обломков, сложенных фосфатным веществом.

Майкопские глины характеризуются очень низкой водопроницаемостью, поэтому начало инфильтрационного окислительного эпигенеза связывается с процессом сводообразования, когда в предьергенинское время водоносные горизонты яшкульской серии, изменив свое залегание, подверглись эрозионному размыву в купольных частях сводов. К этому этапу приурочено развитие зон окисления в проницаемых горизонтах как со стороны поднятий в случае выхода их под поверхность несогласия с ергенинскими песками (рис. 3), так и в центральной части мульды на участках эрозионных окон в промежуточных водоупорах, где зоны окисления проникали из верхних горизонтов в нижние, отражая нисходящий характер инфильтрации подземных вод (рис. 4).

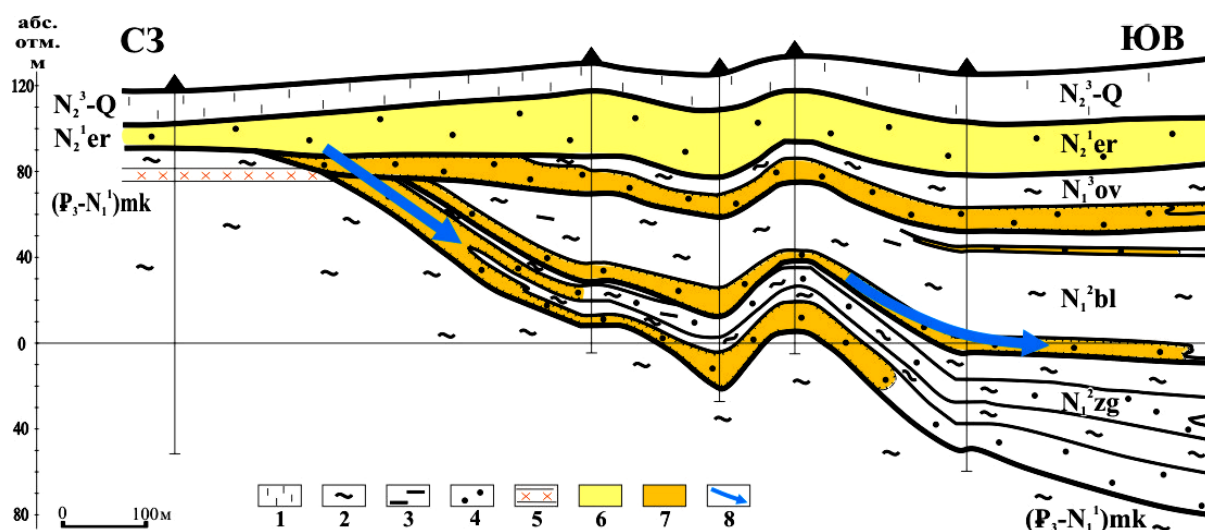


Рис. 3. Развитие зоны окисления пластового типа.

1 – суглинки, супеси; 2 – глины; 3 – алевролиты; 4 – пески; 5 – горизонты фосфорно-редкоземельно-уранового оруденения; 6 – зона окисления в песках ергенинской серии; 7 – зона окисления в отложениях яшкульской серии; 8 – направление движения подземных вод

Наибольшую протяженность зона окисления имеет в балковской свите, а в загистинской свите она носит ограниченный характер распространения. Особенности проникновения кислородсодержащих вод в яшкульские отложения обусловили формирование двух морфологических типов зон окисления. Первый тип пластовый – в случае развития зоны окисления по выдержанным водоносным горизонтам, второй – кулисно-линзовидный в центральной части мульды – в случае развития зоны окисления на поднятиях и в ближайшем их обрамлении, имеющей в плане замкнутый характер

распространения. В обоих случаях зоны окисления не достигают основания депрессионных структур, выклиниваясь на склонах поднятий.

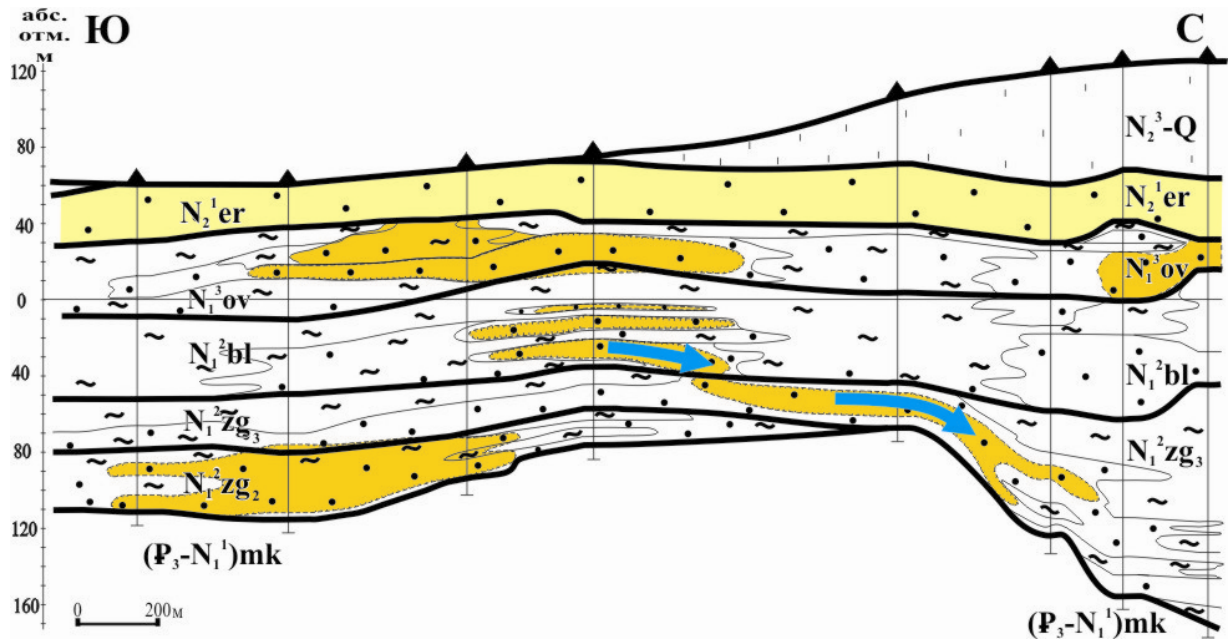


Рис. 4. Развитие зоны окисления кулисно-линзовидного типа (усл. обозн. см. на рис. 3)

Возможность проникновения в отложения продуктивной загистинской свиты зоны окисления кулисно-линзовидного типа, связанной с безнапорным нисходящим инфильтрационным режимом подземных вод, обуславливается степенью заглинивания всего разреза яшкульской серии в целом (рис. 5).

Она оценивалась по соотношению мощности песчаных отложений загистинской свиты и перекрывающих их глинистых пород. Область повышенной проницаемости разреза вытягивается в субширотном направлении, приурочиваясь к южному склону майкопского поднятия. На северо-западном фланге мульды зона окисления имеет площадное фронтальное распространение преимущественно пластового типа, к которому приурочено Балковское месторождение. В центральной части мульды зона окисления развита в виде замкнутых ореолов с низкими содержаниями урана в сероцветных породах.

Таким образом, основные рудоформирующие факторы, обусловившие формирование известных рудных районов Средней Азии, Южного Казахстана (Шмариович, Головин, Грушевой, 1965, 1985, 1993 и др.), Зауралья (Халезов и др., 2003, 2009), на территории Гашунской площади проявлены не в полной мере. Однако на Скифской плите, не испытавшей интенсивной активизации, в условиях малоблагоприятной геологической обстановки возможно развитие зон окисления и формирование уранового оруденения. Его контрастность и промышленная значимость рассмотрены на примере Балковского месторождения.

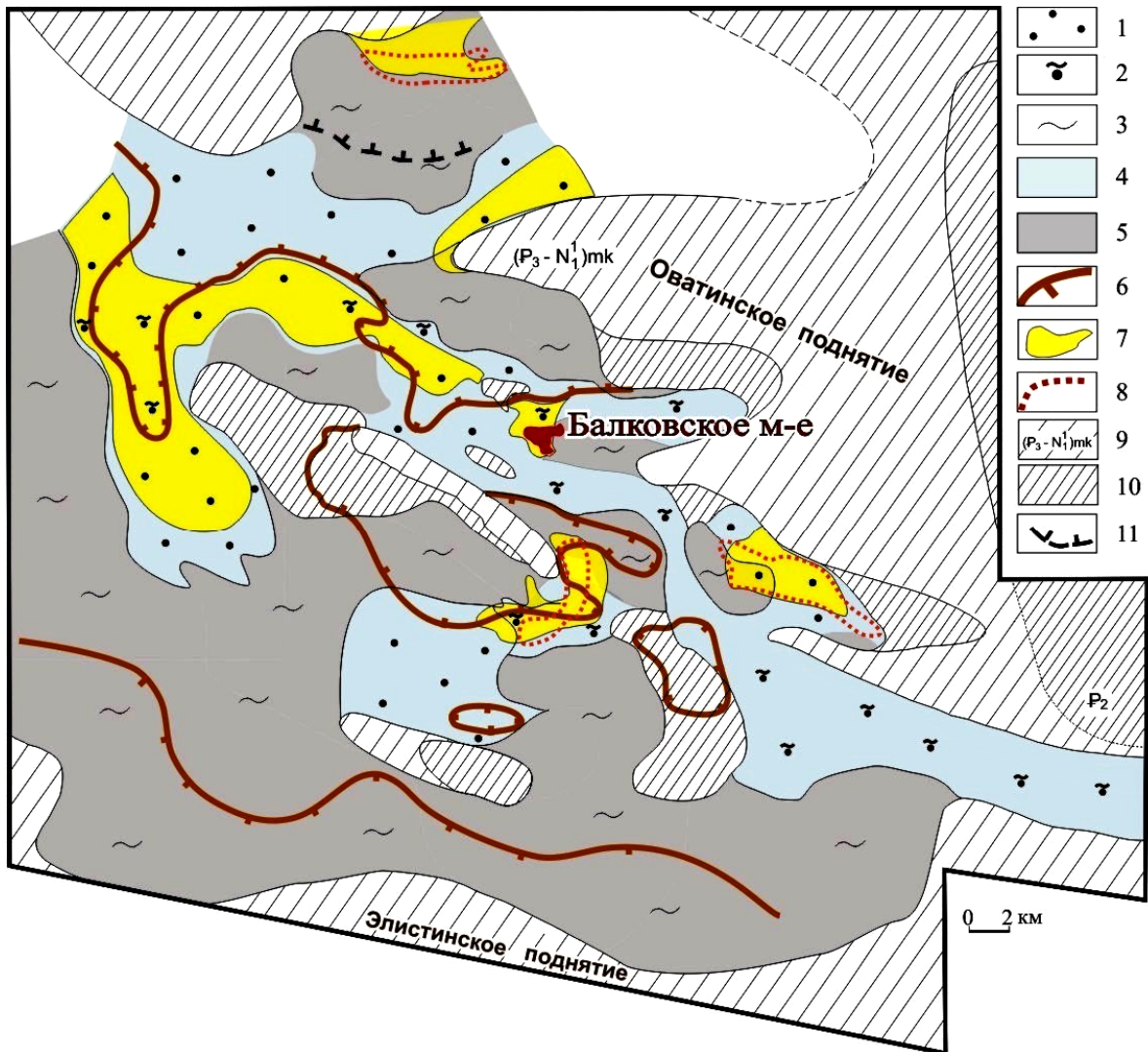


Рис. 5. Карта проницаемости наиболее продуктивной средней ритмо-пачки загистинской свиты

1 – пески мощностью 30-50 м, перекрытые песчано-глинистыми отложениями; 2 – пески мощностью ~20 м, перекрытые глинами мощностью до 50 м; 3 – пески мощностью ~20 м, перекрытые глинами мощностью до 100 м; 4 -5 – степень проницаемости отложений: 4 – проницаемые, 5 – относительно непроницаемые; 6 – зоны окисления в оватинской свите; 7 – зона окисления в загистинской свите; 8 – контур ураноносной площади; 9 – майкопские отложения; 10 – отсутствие отложений картируемого горизонта; 11 – условная граница распространения континентальных отложений в балковской и загистинской свитах

Третье защищаемое положение. Балковское экзогенно-эпигенетическое месторождение, перспективное для освоения прогрессивным методом скважинного подземного выщелачивания, локализуется на приподнятом террасовидном уступе, обособленном в кровле майкопской толщи. Основные рудные залежи связаны с подошвой зоны пластового окисления, наложенной на песчаные отложения «катунной» фации, обогащенной обломками первично ураноносных франколитовых пород майкопской серии. Эти отложения,

служившие источником урана, а также породы с конкрециями диагенетического франколита характеризуются повышенными восстановительными свойствами, благоприятными для инфильтрационного рудообразования.

Балковское месторождение расположено в северной части Яшкульской мульды, в области сочленения северных отрогов центрального платообразного поднятия с глубокой регионально развитой депрессионной структурой, прослеживающейся вдоль южного склона Оватинского поднятия. Участок расположения месторождения осложнен сводом, юго-восточное замыкание которого разделено седловидной на два локальных поднятия. Именно в этой отрицательной седловиной структуре и располагается Балковское месторождение, объединяющее оруденение как в балковской, так и в загистинской свитах протяженностью 4 км при ширине 2 (см. рис. 1).

Особенностью объекта является появление в базальных слоях загистинской свиты обломков карбонатно-фосфатных пород, заполняющих промоину на сводообразном поднятии и образующих специфическую так называемую «катунную» фацию. На остальной территории Гашунской площади эти обломки встречаются спорадически.

По данным минералогических и петрографических исследований основными компонентами, слагающими эти катуны, являются глинистое, карбонатное и фосфатное вещество, представленное апатитом, которое часто выполняет центральные части обломков и содержит нераскристаллизованные остатки рыб. К фосфатному веществу приурочивается рассеянная урановая минерализация или сгустковые скопления треков, что позволяет считать эти накопления урана сингенетичными. Единичные обломки карбонатно-фосфатных пород с повышенным содержанием урана, достигающим сотых долей процента, встречаются далеко за контуром рудного поля.

К другой особенности рудовмещающих отложений Балковского месторождения относится наличие глауконит-фосфатной ассоциации, связанной с появлением мелких конкреционных выделений диагенетического франколита и глауконитов пластинчатой морфологии. Эта ассоциация получила распространение в нижней ритмо-пачке загистинской свиты, которая появляется на восточном фланге Балковского месторождения в углубленных частях майкопского фундамента.

По соотношению $C_{орг}$, $S_{общ}$ и P_2O_5 в разрезе яшкульских отложений были выделены три типа восстановительных барьеров. Первый связан с темно-серыми песчано-глинистыми отложениями верхней части водоносных горизонтов, восстановительная емкость которых обусловлена повышенным количеством углефицированного растительного вещества. Второй и третий типы связаны со светло-серыми или зеленовато-серыми песками нижней части загистинской свиты, обогащенными катунами фосфатно-карбонатных пород или диагенетическими конкрециями франколита. Здесь углефицированные растительные остатки не обнаруживаются, но характерны

повышенные содержания сульфидной серы и органического вещества, по-видимому, животного происхождения.

Контакт зоны окисления с сероцветными песчано-глинистыми отложениями сопровождается повышениями гамма-активности. По мере продвижения зоны окисления из оватинской свиты, являющейся ее тыловой частью, к загистинской, представляющей собой передовую часть, гамма-активность повышается от 25 до 300 мкР/ч (рис. 6). При этом первый тип восстановительного барьера, связанный с песчано-глинистыми отложениями, залегающими в кровле каждого из водоносных горизонтов, обогащается ураном незначительно. В отложениях загистинской свиты гамма-активность пород на этом барьере повышается до 80 мкР/ч при содержаниях урана более 0,005 %. Основное же урановое оруденение связано со вторым и третьим типами восстановительных барьеров.

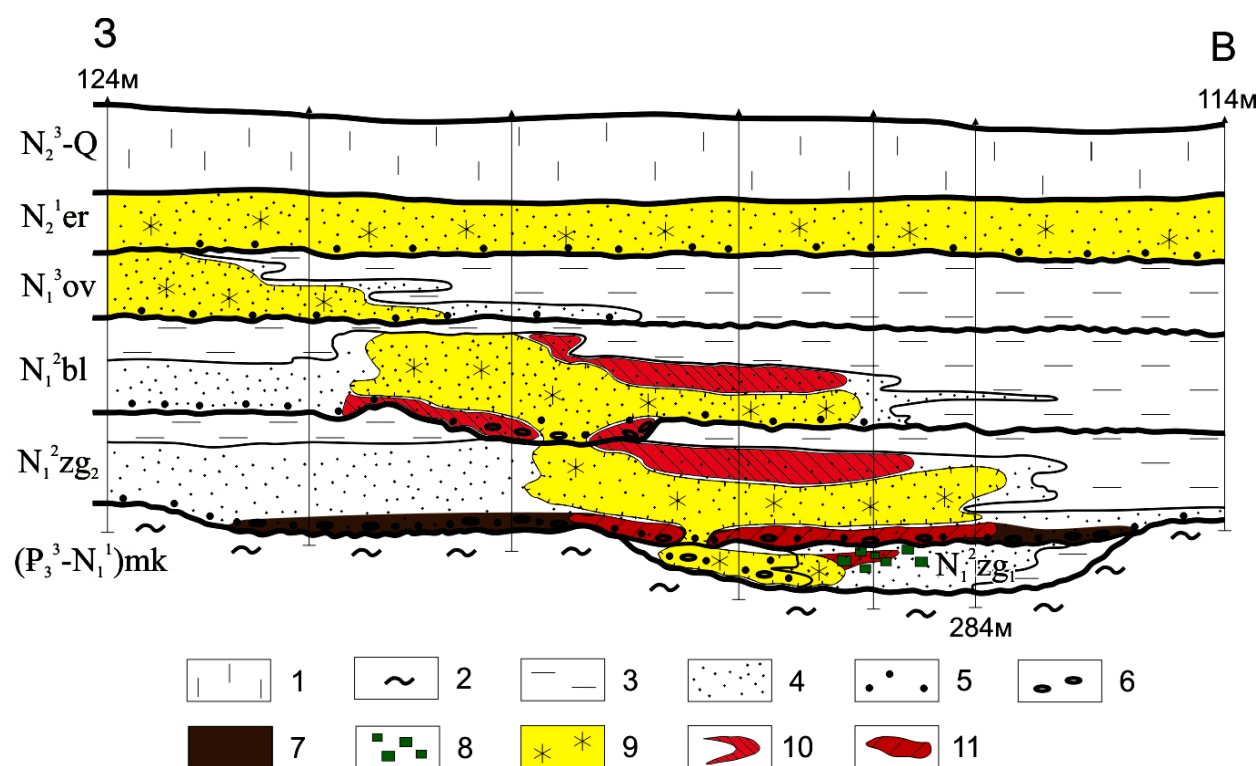


Рис. 6. Балковское месторождение. Схематичный разрез.

1 – суглинки, супеси; 2 – глины коллоидные; 3 – глины алевритистые, алевролиты; 4 – пески мелко-тонкозернистые; 5 – пески крупнозернистые; 6 – обломки глинистых, карбонатно-глинистых пород; 7 – ураноносная «катунная» фация; 8 – конкреции глауконит-фосфатной ассоциации; 9 – желтоцветное окисление; 10 – оруденение с низким содержанием урана; 11 – оруденение с высокими содержанием урана

В загистинской свите оно локализуется на нижней границе нисходящей зоны окисления при сопряжении с «катунной» фацией. Зона оруденения имеет пластово-линзовидный уровенный характер. На восточном фланге месторождения, где мощность проницаемых отложений сокращается, зона окисления опускается в нижнюю пачку, и на ее выклинивании в породах,

обогащенных диагенетическими конкрециями франколита, формируется оруденение. На участке сопряжения двух типов барьера содержание урана достигает сотых долей процента. Он концентрируется на поверхности обломков карбонатно-фосфатных пород, покрытых корочкой сульфидов железа, и во вмещающих песках, также обогащенных сульфидами железа (см. рис. 6).

Об эпигенетической природе процессов окисления, контролирующих оруденение, свидетельствуют крапчатый псевдоморфный характер лимонитизации рудовмещающих песков, и повышение концентраций селена на выклинивании зоны окисления.

По данным минералогических исследований в сероцветных рудных интервалах, сопряженных с зоной окисления, на поверхности катунов и в содержащих их песках выявлены однотипные тонкодисперсные минеральные фазы урана: оксид, коффинит, нингиоит.

На Балковском месторождении выделяются две рудоносные зоны. Первая локализована в балковской свите и связана с эпигенетическим окислением, развивающимся со стороны майкопского поднятия. Она включает оруденение на контакте зоны лимонитизации с сероцветными песчано-глинистыми отложениями кровли разреза и оруденение на участках эрозионных врезов в загистинскую свиту. Вторая рудоносная зона связана с эпигенетическим окислением в загистинской свите, которое имеет в плане замкнутый изолированный характер распространения. Ураноносный участок расположен внутри этого контура и объединяет оруденение в ложбине, выполненной фациями с катунами фосфатно-карбонатных пород и диагенетическими конкрециями франколита, а также оруденение в песчано-глинистых отложениях кровли разреза.

Общие прогнозные ресурсы урана категории P_1 Балковского месторождения оценены специалистами ОАО «Кольцовгеология» в 5050 тонн (Тихонов и др., 2009).

Натурный опыт по выщелачиванию урана проводился совместно ОАО «Кольцовгеология» и ОАО «ВНИИХТ» на восточном фланге месторождения, где мощность рудной залежи увеличивается за счет совмещения оруденения в основании средней ритмо-пачки загистинской свиты, связанного с катунами фосфатно-карбонатных пород, и оруденения верхней части нижней ритмо-пачки, связанного с диагенетическими фосфоритами. Этот рудный интервал общей мощностью до 7 м залегает на глубине 228-235 м, содержания урана в нем составляют от шести тысячных до первых сотых долей процента. Опытные работы по выщелачиванию урана на полигоне Балковского месторождения показали принципиальную возможность отработки его методом СПВ (Тихонов, Авдонин и др., 2009).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Рассмотрена позиция района работ, который локализуется в пределах крупной тектонической структуры – кряжа Карпинского. На новейшем этапе тектонического развития первоначально происходило «омоложение» ограничивающих его структур транскавказского направления. Последующая активизация поперечных разломов усилила обособление отдельных крупных блоков кряжа, характеризующихся субвертикальными перемещениями различной интенсивности.

2. Показано, что в неоген-четвертичное время происходило развитие крупных палеорек преимущественно вдоль крупной структуры – новейшего Окско-Донского прогиба. Они пересекают структуры транскавказского направления. Это обусловило частичное разрушение и перераспределение первичных урановых концентраций при неоднократной смене морских и континентальных условий осадконакопления.

3. Установлено, что рудоформирующие зоны окисления в Яшкульской мульде связаны с нисходящей инфильтрацией подземных вод в условиях вялого гидродинамического режима, что определяет их отличие от зон окисления других известных инфильтрационных месторождений. Выделены два морфологических типа рудоконтролирующих зон окисления – пластовый и кулисно-линзовидный.

4. Выявлено, что в формировании Балковского месторождения большое значение имеет «катунная» фация. Она является дополнительным источником урана и одновременно восстановительным барьером при инфильтрационном рудоформирующем процессе. Основные залежи месторождения размещены в загистинском горизонте.

5. Определено, что рудные тела локализуются на участках сопряжения зоны окисления с «катунной» фосфатно-карбонатной и «конкреционной» глауконит-фосфатной фациями, породы которых характеризуются наиболее высокой восстановительной емкостью.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации

1. **Каминов Б.Ю.** Урановый экзогенный рудогенез в зоне сочленения Русской платформы и Скифской плиты // Актуальные проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых. Тезисы докладов научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. М.: ВИМС, 2008. С. 84-86.

2. **Каминов Б.Ю.** Урановый рудогенез в палеорусловых системах платформенных областей // Рудогенез. Сборник научных статей. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2008. С. 125-126.

3. **Каминов Б.Ю.** Особенности формирования Балковского месторождения урана. // Молодые – наукам о Земле. Материалы

межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. М.: РГГРУ, 2008. С. 20.

4. Расулова С.Д., Тарханова Г.А., Рогачев В.Н., Тихонов В.И., **Каминов Б.Ю.** Роль первичных накоплений урана в образовании Балковского месторождения // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 152. М.: ВИМС, 2008. С. 146-159.

5. Расулова С.Д., Тарханова Г.А., **Каминов Б.Ю.** Особенности формирования Балковского экзогенно-эпигенетического инфильтрационного месторождения в отложениях миоцена // Разведка и охрана недр. 2008. № 11. С. 18-23.

6. **Каминов Б.Ю.**, Расулова С.Д., Тарханова Г.А. Балковское экзогенно-эпигенетическое месторождение урана. Особенности рудогенеза // Геология, поиски и комплексная оценка твердых полезных ископаемых. Тезисы докладов второй научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. М.: ВИМС, 2009. С. 63-65.

7. **Каминов Б.Ю.**, Расулова С.Д. Особенности развития зон окисления восточной части Гашунской впадины и связанного с ними уранового оруденения // Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых. Тезисы докладов третьей научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. М.: ВИМС, 2011. С. 60-62.

8. **Каминов Б.Ю.** Основные этапы тектонического развития южного обрамления Восточно-Европейской платформы // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 158. М.: ВИМС, 2012. С. 78-81.

9. **Каминов Б.Ю.**, Расулова С.Д. Некоторые особенности формирования инфильтрационного Балковского месторождения урана // Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых. Тезисы докладов четвертой научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. М.: ВИМС, 2012. С. 60-62.

10. **Каминов Б.Ю.** Балковское экзогенно-эпигенетическое месторождение урана – особенности формирования // Новые идеи в науках о Земле. Доклады XI международной конференции. В 3 т. Т. 3. М.: МГРИ-РГГРУ, 2013. С. 333-335.

11. **Каминов Б.Ю.** Природные типы руд Ергенинского фосфорно-редкоземельно-уранового района // Уран: геология, ресурсы, производство. Тезисы III международного симпозиума. М.: ВИМС, 2013. С. 59.

12. Тюленева В.М., **Каминов Б.Ю.**, Дубинчук В.Т., Ружицкий В.В., Быстров И.Г. Минералого-геохимические особенности фосфорно-редкометалльно-уранового оруденения Ергенинского района Калмыкии и их влияние на технологические свойства руд // Уран: геология, ресурсы, производство. Тезисы III международного симпозиума. М.: ВИМС, 2013. С. 163.

Подписано в печать 30.04.2013 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 0,8
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100. Заказ № 26

РИС «ВИМС»
119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31