

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА В НЕДРАХ ЧЕШСКОГО МАССИВА

Анализ древнейшей геологической истории Чешского срединного массива с использованием палеотектонических реконструкций позволяет проводить аналогии с канадской рудной провинцией Атабаска и считать известные гидротермальные жильные урановые месторождения Пшибрамского рудного поля производными регенерации докембрийских концентраций типа несогласия. Главной контролирующей структурой массива для оруденения этого типа могла служить поверхность структурно-стратиграфического несогласия в основании рифейского Пражского (или Эобаррандова) осадочного бассейна. В его пределах вне сферы активного влияния герцинских гранитоидов могли сохраниться крупные стратиформные залежи богатых урановых руд, не проявленные на поверхности. Обнаружение месторождений урана в этой ситуации позволит использовать применяемую методологию прогнозирования на территории России.

Analysis of ancient geological history of the Czech median massif using paleotectonic reconstructions allows drawing analogues with the Athabasca ore province? Canada? And considering the known hydrothermal vein uranium deposits of the Pшибрам ore field as derivatives of the regeneration of Precambrian unconformity-type concentrations. The surface of the structural-stratigraphic unconformity in the base of the Riphean Prague (or Eobarrand) sedimentary basin could be the main controlling structure of the massif for this type of mineralization. Large stratiform occurrences of rich uranium ores unexposed on the surface could be preserved within its limits beyond the sphere of dramatic effect of Hercynian granitoids. The discovery of uranium deposits in this geoenvironment will allow the prognosis procedure used in Russia to be employed.

Большая часть Чешского массива располагается на территории Чехии и лишь его окраины принадлежат Германии и Польше.

С позиций общей металлогении Чешский срединный массив представляет собой одну из крупнейших в Европе рудоносных структур древнего заложения. Он испытал неоднократную тектономагматическую и тектоническую переработку (активизацию) в рифее и фанерозое с мобилизацией и регенерацией коровых рудно-геохимических ресурсов урана, золота, серебра, свинца, цинка и других рудогенных элементов. Закономерным является размещение в гетерогенных структурах массива большого числа разнообразных рудных месторождений. Все это дает основание считать Чешский массив хорошим полигоном для прогнозно-металлогенических исследований.

В данной статье обосновывается возможность обнаружения в структурах массива слаборегенерированных докембрийских урановых месторождений, не проявленных на поверхности. Основой этого исследования является анализ древнейшей геологической истории Чешского срединного массива в сравнении с особенностями известной рудной провинции Канадского щита — провинции Атабаска. Такого рода сопоставления различного рода

древних массивов (щитовых, срединных) являются вполне правомерными в связи с однотипностью основных черт развития континентальных блоков земной коры на ранних этапах ее эволюции [4].

Урановые месторождения для Чешской республики имеют особое значение как альтернативный бурый уголь источник электрической энергии. Поэтому проблема наращивания рентабельной минерально-сырьевой базы урана является весьма актуальной для экономики страны, в перспективе ориентированной в основном на атомную энергетику [7, 8].

**Состояние и пути расширения сырьевой базы атомной энергетики.** Интенсивные поиски с поверхности привели в свое время — более 50 лет тому назад — к обнаружению в пределах массива пяти урановорудных районов: Моравского, Среднечешского, Северочешского, Западнечешского и Яхимовского [6]. Первые три из них составили достаточно мощную сырьевую базу атомной промышленности страны. Суммарное количество урана, добытого за все годы эксплуатации известных месторождений, составило около 110 тыс. т [8], в том числе из Пшибрама около 65 тыс. т.

К настоящему времени, однако, состояние этой базы уже не может обеспечить потребностей атом-

ной энергетики страны в обозримом будущем. В частности, запасы богатых жильных урановых руд Пшибрамского месторождения в Средней Чехии на доступных глубинах уже полностью исчерпаны, эксплуатация месторождений Моравского рудного района близка к завершению, а добыча бедных урановых руд способом подземного выщелачивания из меловых отложений Северной Чехии (район Страж-Гамр) сопровождается негативными экологическими последствиями [8, 11].

Ввод в действие второй АЭС в Темелине\*, несомненно, потребует либо существенного увеличения импорта обогащенного урана, либо форсирования поисков новых крупных и богатых урановых месторождений на своей территории. Зависимость энергетики от импорта сырья, скорее всего, будет нежелательна для суверенного государства, в связи с чем весьма актуальной вновь становится проблема изучения недр Чешского массива на уран.

Вместе с тем, очевидно, что при хорошей радиометрической и геохимической обследованности территории с поверхности решение указанной проблемы потребует радикального изменения стратегии прогнозно-поисковых работ. При этом обновленная стратегия должна включать: 1) расчет на обнаружение главным образом не проявленных на поверхности месторождений (слепых, перекрытых), располагающихся на доступных глубинах; 2) ориентацию на известные в мировой практике наиболее высокорентабельные промышленные типы месторождений в омоложенных структурах кратонного основания или чехла; 3) использование новых нетрадиционных технологий прогнозирования в сочетании с апробированными на практике методами поисков.

В свете этой стратегии очень важным является выбор рудной провинции-прототипа, имеющего определенные черты сходства с территорией Чешского массива в докембрии. Скорее всего, такой провинцией может являться провинция Атабаска Канадского щита, обладающая крупнейшими запасами урана в докембрийских месторождениях различного типа [5]. В 70-х гг. сравнение рудоносных провинций Канады и Восточной Европы, в том числе Чехии, уже проводилось В. Ружичкой [13]. Однако недостаток информации по новым тогда месторождениям типа Раббит-Лейк в структурах Канадского щита и отсутствие руководящей научной концепции (кроме связей с гранитами) не позволили сделать определенных выводов об элементах сходства провинций и прогнозных критериях.

С тех пор в Канаде вблизи основания рифейского осадочного бассейна Атабаска был выявлен

целый ряд крупнейших урановых месторождений (Сигар-Лейк, Мак-Артур, Ки-Лейк и др.) и сформировались представления о месторождениях типа несогласия (unconformity deposits) [2, 5, 14, 15]. Углубленный анализ информации о геологии и металлогении древних щитов и массивов на различных континентах позволил усовершенствовать технологии регионального прогнозирования на основе концепции о связи урановых месторождений с ареалами полихронной гранитизации [2, 3].

**Методология прогнозирования урановых месторождений в древних массивах (анalogии и палеоре-конструкции).** В настоящее время для сопоставления рудных провинций Чехии и Канады может быть использован историко-геологический метод [3] или метод абстрактных аналогий, позволяющий реконструировать первичный тектонический и металлогенический облик рудоносных блоков кратонного основания с различной последующей историей развития. При этом сопоставлениям и прогнозным построениям не препятствуют ни принадлежность сравниваемых провинций к разным тектонотипам (щитам или срединным массивам), ни различная степень их переработки в фанерозое, ни резко различные данные изотопного датирования урановых руд в этих структурах.

В основу указанного метода положены представления о типоморфизме и унаследованности докембрийских рудоносных структур активизированных древних массивов, представляющих собой ареалы (области) полихронной гранитизации. Наиболее крупными типоморфными рудоносными структурами урановорудных районов (провинций) этих массивов на различных континентах оказываются гигантские дорифейские гранито-гнейсовые купола [2]. Исключением из этого правила являются лишь провинции древнейших золото-ураноносных конгломератов со своими закономерностями размещения (Витватерсранд и др.).

Гигантские рудоносные гранито-гнейсовые купола реконструированы на Канадском, Северо-Австралийском, Алданском, Украинском щитах, Приаргунском и Чешском срединных массивах [2]. К ним приурочены крупные урановые месторождения в приразломных щелочных и кислотных метасоматитах, а при наличии рифейских наложенных впадин — и месторождения типа несогласия. Несмотря на различную, в том числе значительную степень переработки в эпохи рифейской и фанерозойской тектоно-магматической активизации, рудоносные элементы этих структур проявляют унаследованность и сохраняют контролирующее значение при многократной регенерации руд.

Рудоносные дорифейские гранито-гнейсовые купола представляют собой овальные (круговые) ареалы ультраметаморфической гранитизации диаметром в плане от 250 до 1000 км, сформированные в глобальную эпоху 2100–1950 млн лет тому назад и омоложенные в различное время. Для них характерен ряд специфических особенностей, позволяющих составить обобщенную собирательную модель их внутреннего строения и развития.

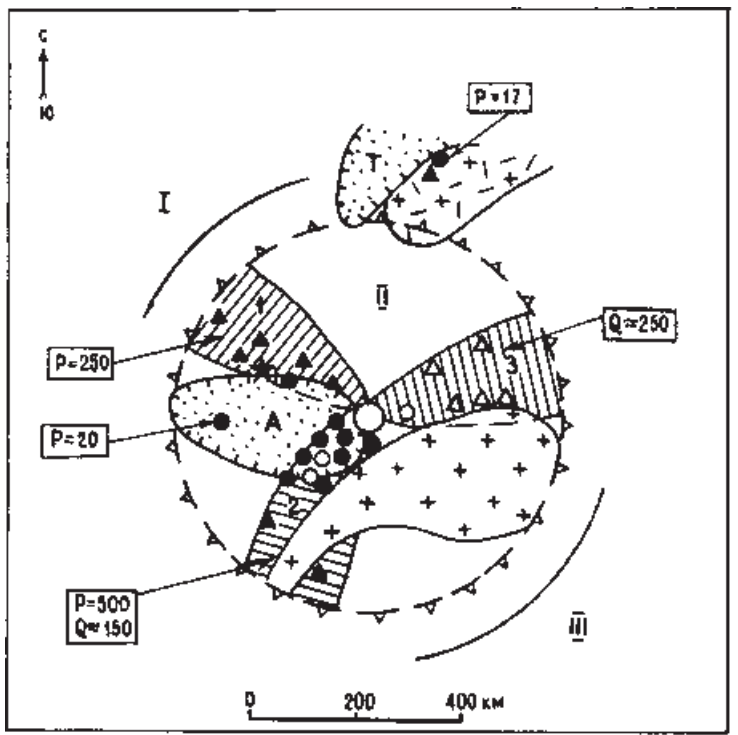
\* В настоящее время в Чехии функционирует АЭС Дукованы около г. Брно, которая обеспечивается ядерными материалами из России (фирма TVEL). Строительство второй АЭС Темелин около Чешских Будейовиц близко к завершению, а оборудование и ядерные материалы для нее поставляют фирмы Cameco (Канада), Comurhex (Франция), USEC и Westinghouse (США) [7, 8].

К главным особенностям инфраструктуры рудоносных куполов, в числе которых купол Атабаска, относятся [2]: 1) первично-пестрый карбонатно-кремнисто-глинистый состав и преобладающая амфиболитовая фация метаморфизма пород гранитизированной кровли, для которых характерна повышенная углеродистость, сульфидоносность и широкий спектр рудно-геохимической специализации (пестрые серии нижнего протерозоя); 2) радиально-концентрическая делимость и деформированность кровли, обусловленная компенсационной тектоникой, с выделением двух зон: внутренней круговой, разделенной на секториальные мегаблоки, и внешний кольцевой с концентрическими системами размещения секториальных мегаблоков компенсационного проседания и обрушения кровли, представляющих собой протограбены в форме гнейсово-складчатых поясов и мигматит-гнейсовых овалов; 3) отличие протограбенов от разделяющих их промежуточных секториальных мегаблоков — в максимальной сохранившейся мощности разреза гранитизированной кровли и сложности складчато-разрывных деформаций, связанных с явлениями проседания и обрушения; 4) особая сложность систем краевых долгоживущих разломов, отделяющих протограбены от соседних блоков и представляющих собой мощные (до 1–5 км) зоны протоклаза и полиметаморфизма: зоны сложной склад-

чатости, будинажа, аляскитовых (пегматоидных) инъекций и различных метасоматитов.

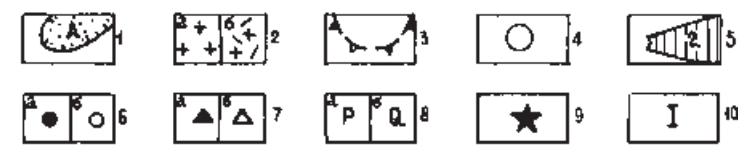
Характерно, что в гранито-гнейсовых куполах именно протограбены являются главными рудоносными структурами, в рамках которых урановые месторождения локализируются либо в системах краевых долгоживущих разломов, либо (и) во внутренних зонах мегабудинажа и штокверках бластомилонитов. Вертикальный размах уранового оруденения в приразломных щелочных метасоматитах среди пород пестрых серий превышает 1,5–2 км, причем независимо от возраста руд, датируемых в разных провинциях (районах) от 1930 до 135 млн лет тому назад. В основании рифейских осадочных бассейнов, местами перекрывающих купола, богатое урановое оруденение локализуется в основном на пересечении упомянутых крупнопадающих структур протограбенов с поверхностью предрифейского структурно-стратиграфического несогласия (ССН). Такое оруденение (тип несогласия) имеет небольшой размах по вертикали и распространяется от этой поверхности вверх и вниз не далее чем на 200–300 м. Глубже в породах основания впадин встречаются лишь реликты ураноносных щелочных метасоматитов и пегматоидов.

**Рудная провинция-прототип Атабаски.** Выбранная для сравнения с Чешским массивом рудоносная структура Атабаска в Канаде действительно характеризуется всеми перечисленными чертами



**Рис. 1. Схема инфраструктуры рудоносного дорифейского гранито-гнейсового купола Атабаска**

1 — рифейские наложенные впадины Атабаска (А) и Телон (Т); 2 — предрифейские коллизионные магматиты: а — гудзонские граниты, б — ассоциация гранитов и кислых вулканитов; 3–5 — элементы инфраструктуры дорифейского гранито-гнейсового купола (реконструкция): 3 — граница внутренней и внешней зон, 4 — геометрический центр (ядро), 5 — секториальные блоки проседания и обрушения кровли — протограбены (1 — Ураниум-Сити, 2 — Волластон (Саскачеван), 3 — Волластон (Манитоба); 6–7 — урановые и комплексные месторождения: реальные (а), предполагаемые (б); 6 — рифейские стратиформные типа несогласия, 7 — дорифейские в приразломных щелочных метасоматитах; 8 — ресурсы урана в протограбенах или обособленных рудных узлах (в тыс. т): а — реальные, б — предполагаемые; 9 — месторождения золота (тип Николсон); 10 — геоблоки Канадского щита (I Слейв, II Черчилл, III Сьюпериор)



строения дорифейских гранито-гнейсовых куполов. Согласно палеорекострукциям, главными рудоносными структурами этого купола являются три секториальных протограбена — гнейсово-складчатых пояса, сложенных гранитизированными пестрыми сериями Волластон, Ноначо и их эквивалентами: 1) пояс Ураниум-Сити с рудными полями Биверлодж и Шарлебуа; 2) пояс Волластон (Саскачеван) с краевыми рудными зонами Уотербери и Игл-Пойнт, а также внутренней рудной зоной Сью-Макклин; 3) пояс Волластон (Манитоба), пока слабо обследованный, но, несомненно, рудоперспективный (рис. 1). Вместе с тем, купол Атабаска отличается от других куполов этой генерации рядом важных особенностей, которые, скорее всего, ответственны за уникально высокую рудоносность этой провинции. В числе этих особенностей: 1) сверхгигантские размеры в плане (диаметр более 1000 км) и разуплотнение на всю мощность земной коры; 2) высокая насыщенность инфраструктуры купола коллизионными (орогенными) гранитоидами предрифейской—гудзонской эпохи активизации (1750—1700 млн лет тому назад); 3) гудзонская регенерация дорифейского уранового оруденения в щелочных метасоматитах—эйситах с преобразованием его в более богатые жильные руды типа Гуннара; 4) существование особо крупного осадочного бассейна Атабаска, заложению которого предшествовал весьма длительный (до 400 млн лет) период эрозии, континентального выветривания, корообразования и миграции урана.

Эти условия в сочетании с проявлениями рифейской тектоно-магматической активизации (разломы, дайки) способствовали синэргическому взаимодействию экзогенных и эндогенных факторов рудообразования в зоне предрифейского несогласия [2, 3].

Источниками урана и сопутствующих элементов (Au, Ni, Pd и др.) для такого рода полигенных месторождений типа несогласия провинции Атабаска, вероятно, являлись:

1) породные геохимические ресурсы пестрых серий кровли и продуктов их гранитизации (гнейсов, мигматитов, калишпатитов); 2) дорифейские рудные концентрации: а) более ранние в калиевых метасоматитах—пегматоидах типа рудных полей Шарлебуа и Кри-Лейк (1930 млн лет тому назад); б) более поздние в натриевых метасоматитах—эйситах типа рудного поля Биверлодж-Гуннар (1800—1700 млн лет тому назад). Эти ресурсы в эпоху предрифейской—гудзонской активизации испытали дополнительную мобилизацию и регенерацию (подготовку) в надынтризивных зонах гранитных плутонов с фокусированием вдоль краевых и внутренних разломов протограбенов. Не исключены также экзогенные источники урана для формирования руд несогласия, о чем свидетельствуют весьма низкие содержания урана в рифейских песчаниках (<1 г/т), перекрывающих рудные зоны.

Все эти громадные рудно-геохимические ресурсы основания и выполнения бассейна Атабаска,

вероятно, были утилизированы при формировании месторождений типа несогласия в эпоху 1250—900 млн лет тому назад. С тех пор эти месторождения были законсервированы в докембрийских структурах щита. Позднее — в платформенный период развития региона — они испытывали лишь незначительную регенерацию (эпохи 400, 320—270, 100 млн лет тому назад). К проявлениям эпиплатформенной регенерации относятся, в частности, так называемые «висячие» или «шестовые» трещинно-жильные рудные тела месторождения Сигар-Лейк [14, 15]. Они приурочены к системам «сквозных» крутопадающих разрывов, секущих главную рудную залежь и уходящих от нее в вышележащие песчаники Атабаски на десятки — до первых сотен метров. Форма рудных тел этого типа определяется сочетанием крутопадающих и пологих нарушений в зоне предрифейского несогласия, в особенности в базальном горизонте реголитов и песчаников. Наиболее крупные стратиформные рудные залежи имеют сигарообразную или линзовидную конфигурацию с жиллообразными «корнями» в основании и упомянутыми выше трещинными концентрациями в верхних частях ореолов метасоматических изменений среди песчаников.

Установленные на опыте изучения канадских месторождений и анализа опубликованных материалов особенности рудолокализации могут быть использованы в качестве прогнозных критериев при изучении других регионов. К наиболее важным особенностям типа несогласий относятся следующие: 1) приуроченность месторождений к зоне (поверхности) предрифейского ССН, перекрывающей краевые и внутренние структуры протограбенов гранито-гнейсового купола; 2) ассоциация оруденения с высокоуглеродистыми и сульфидоносными горизонтами и зонами в породах основания наложенных впадин, т. е. в породах пестрых серий; 3) положение рудных залежей на поднятиях малоамплитудного рельефа поверхности несогласия (хребтах, куполах), которые нередко совпадают с выступами кровли предрифейских (гудзонских) коллизионных гранитных плутонов; эти выступы сопровождаются зонами грейзенизации, ороговикования, скоплениями кордиерита, граната в породах пестрых серий; 4) проявление характерной околорудной метасоматической зональности в базальных слоях рифея с выделением зон аргиллизации, гематитизации, хлоритизации; 5) значительное разуплотнение рифейских песчаников над рудоносными структурами и рудными залежами, связанное с метасоматическим выщелачиванием кварца песчаников.

Для выяснения указанных особенностей важную роль играют дистанционные геофизические исследования: грави-, магнито-, электроразведочные методы и их комбинации [14, 15]. Использование этих методов отработывалось в Канаде — в условиях опытного полигона МАГАТЭ (Test area IAEA) и особо крупных месторождений Сигар-Лейк, Мак-Артур и др. Как известно, гравиразведка



эффективна при установлении зон разуплотнения различного характера и масштаба: протограбенов, их краевых разломов — зон протоклаза, рудных залежей. В свою очередь электроразведка хорошо фиксирует благоприятные рудоконтролирующие горизонты и зоны в основании, обладающие повышенной электропроводимостью (зоны графитизации, сульфидизации). Данные геофизики, естественно, заверяются опорным бурением по редкой сети.

Провинция Атабаска в целом и особенно блок Волластон (Саскачеван) с месторождениями типа несогласия характеризуются высокой концентрацией урана: запасами отдельных месторождений от 10 до 150 тыс. т при средних содержаниях урана в целые проценты — до 18% в месторождении Мак-Артур [1, 5, 14, 15].

Для характеристики степени рудоносности линейных структур гранито-гнейсового купола Атабаска автором используется понятие удельной продуктивности, исчисляемой в тысячах тонн урана на 1 пог. км структуры. Эта величина, естественно, является условной из-за резкой дискретности распределения уранового оруденения (месторождений) вдоль контролирующих структур. Кроме того, весьма важной для оценки является степень концентрации урана в рудах (средние содержания). Анализ опубликованных материалов показывает, что удельная продуктивность рудных зон и содержания урана в рудах увеличиваются от более древних к более молодым образованиям. Так, продуктивность дорифейских рудных зон в блоке Ураниум-Сити составляет около 1 тыс. т урана на 1 км при содержаниях от сотых до десятых долей процента (вблизи гранитов — до целых процентов). Продуктивность рифейских рудных зон с месторождениями типа несогласия (зоны Уотербери и Игл-Пойнт в блоке Волластон, Саскачеван) составляет уже 2,5–3,0 тыс. т на 1 км при содержаниях урана в целые проценты. Учитывая далеко неполную обследованность этих зон под чехлом мощностью в 200–400 м, величина продуктивности может превышать 3,5–4 тыс. т на 1 км. Весьма интересно, что удельная продуктивность западной (Уотербери) и восточной (Игл-Пойнт) краевых рудоносных зон блока Волластон является примерно одинаковой, несмотря на резкие различия этих зон по масштабам месторождений и удаленности их друг от друга\*. Причина такого феномена пока еще не ясна, но, вероятно, связана со спецификой полигенной и высокой рудо-концентрации в зонах древних несогласий. Таким образом, несомненно, что геологическая ситуация, аналогичная блоку — протограбену Волластон (Саскачеван) провинции Атабаска, является наи-

более перспективной для поисков высокопродуктивных месторождений урана — месторождений типа несогласия.

С перечисленными особенностями рудной провинции-прототипа Атабаска могут быть сопоставлены реконструированные и наблюдаемые особенности докембрийского основания Чешского массива. При этом палеотектонические реконструкции проводятся, с одной стороны, путем абстрагирования от наложенных структур и процессов герцинской эпохи активизации, а с другой — с учетом вероятной унаследованности значительной части этих структур.

**Палеорекострукции основания Чешского массива. Унаследованные рудоносные структуры.** Анализ опубликованной информации о геологическом строении и металлогении Чешского массива [2, 6, 12] и палеорекострукции для докембрия определенно указывает как на принадлежность его к омоложенным древним рудоносным структурам типа гигантских дорифейских гранито-гнейсовых куполов (рис. 2), так и на несомненные черты сходства с рудной провинцией Атабаска. Об этом свидетельствует целый ряд особенностей, в частности: 1) общее радиально-концентрическое строение массива, являющегося ареалом полихронной гранитизации в поперечнике более 400 км; 2) преобладание во внутренней круговой (овальной) зоне ареала радиальных направлений унаследованной делимости, подчеркнутых размещением массивов герцинских гранитоидов и разломов, а также рисунком современной речной сети; 3) трехлучевая система размещения рудоносных секториальных мегаблоков — протограбенов (Среднечешского, Железногорско-Моравского, Бланицко-Стражского), расходящихся из единого геометрического центра и сложенных метаморфитами нижнего протерозоя; протограбены обычно интерпретируются как древние складчатые пояса или зоны глубинных разломов; 4) типичный для кровли рудоносных дорифейских гранито-гнейсовых куполов пестрый состав нижнепротерозойских серий, метаморфизованных в амфиболитовой фации с наложением регрессивного дислокационного метаморфизма; латеральные эквиваленты пестрых серий (спилитовая, кутногорско-свратецкая, сушицко-волицкая, яхимовская, крумловская) сложены серицит-хлоритовыми, углеродистыми, графитовыми, сульфидоносными сланцами, парагнейсами, метавулканитами различного состава, амфиболитами, кварцитами; рудно-геохимическая специализация углеродистых и сульфидоносных пород этих серий особенно отчетливо проявляется в экзоконтактовых ореолах герцинских гранитоидных интрузий и выражается в обилии колчеданно-полиметаллических и урановых аномалий, рудопроявлений, а иногда и мелких месторождений (Западная Чехия, Железные горы) [6, 9]; 5) наличие в составе ряда герцинских гранитоидных массивов (Среднечешского, Хвалетицкого, Насаврецкого) реликтов древних магматитов: ортогнейсов, мигматит-гранитов, гранитов, присутствующих также в гальке

\* Для зоны Уотербери характерны крупные и уникальные месторождения с запасами от 40 до 150 тыс. т, удаленные друг от друга на 50–70 км (Мидуест-Лейк, Сигар-Лейк, Мак-Артур, Ки-Лейк), а зона Игл-Пойнт отличается меньшими масштабами месторождений (10–25 тыс. т), удаленных на 5–10 км по «цепочке» (Игл-Пойнт, Коллинз-Бей, Раббит-Лейк, Хорсешуе, Равен).

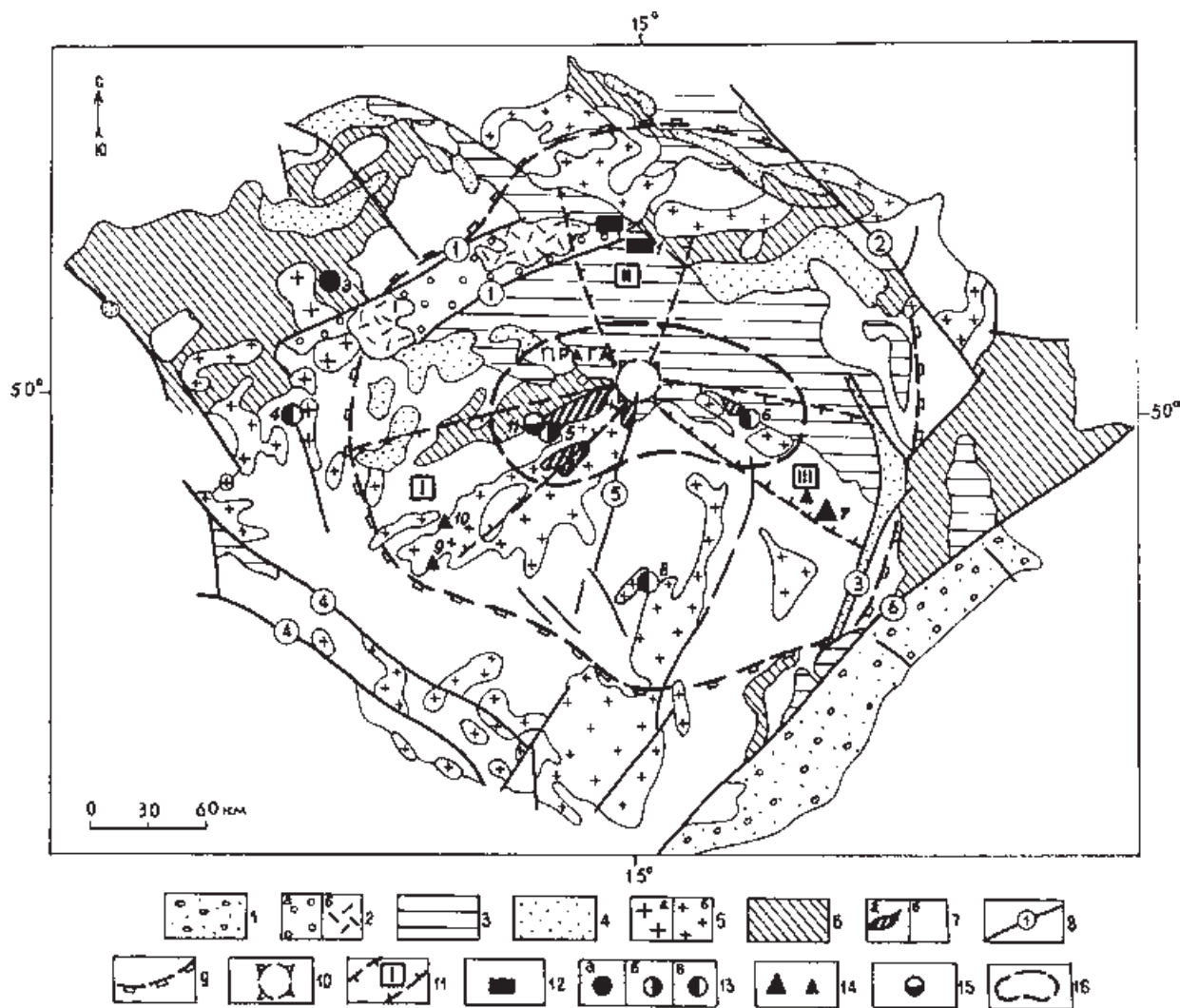


Рис. 2. Размещение урановородных полей и месторождений в структурах омоложенного Чешского гранито-гнейсового купола [6, 9]. Основа по Тектонической карте Европы м-ба 1:10 000 000 (1977)

1 — альпийские молассы; 2 — неогеновое выполнение грабена Огрже: *a* — молассы, *b* — вулканиты; 3 — мезозойский платформенный чехол (чешский мел); 4 — герцинские молассы (карбон—пермь); 5 — герцинские гранитоиды: *a* — поздние редкометалльные «рудногорские», *b* — ранние «горские»; 6 — палеозойский субгеосинклинальный плитный комплекс (кембрий—девон); 7 — докембрийские комплексы: *a* — рифей (?), *b* — нижний протерозой, архей (альгонк, молданубик); 8 — главные системы разломов (1 Рудногорская, 2 Внешнесудетская, 3 Босковицкая, 4 Франконская, 5 Пшебыславская, 6 Предкарпатская); 9—11 — элементы инфраструктуры дорифейского гранито-гнейсового купола (реконструкция): 9 — граница внутренней и внешней зон, 10 — геометрический центр (ядро), 11 — секториальные блоки проседания и обрушения кровли — протограбены (I Среднечешский, II Бланицко-Стражский, III Железногорско-Моравский или Лабский); 12—14 — урановые рудные поля и месторождения: 12 — стратиформные инфильтрационные в меловом чехле, 13 — жильные гидротермальные в экзоконтактах массивов герцинских гранитоидов: *a* — в породах пестрой серии нижнего палеозоя, *b* — в песчаниках рифея (верхнего альгонка), *в* — в породах пестрой серии нижнего протерозоя, 14 — гидротермально-метасоматические в зонах древнего катаклаза (протоклаза); 15 — жильные серебро-полиметаллические в породах рифея и кембрия; 16 — рифейская Пражская впадина (предполагаемый контур). Урановородные поля: 1 Гамр, 2 Кёнигштайн, 3 Западно-Рудногорское (Шлема—Альберода), 4 Западно-Чешское, 5 Пшибрамское, 6 Железногорское, 7 Моравское (Рожна—Олши). Отдельные рудопоявления урана: 8 Округла Радонь, 9 Усталец, 10 Уезд. Серебро-полиметаллические месторождения Пшибрамского рудного поля: 11 Богутин, Бржезовы горы.

рифейских конгломератов и свидетельствующих о проявлении вслед за ультраметаморфизмом пестрых серий их магматической переработки в железногорскую эпоху, по Г. Штилле (аналогия с гудзонской—предрифейской активизацией); б) существование среди метаморфитов пестрых серий в

протограбенах двух типов уранового оруденения, являющихся, несмотря на «молодой» изотопный возраст (270, 180 млн лет), структурно-вещественными аналогами дорифейских руд провинции Атабаска: а) в альбит-хлоритовых метасоматитах зон древнего катаклаза (Рожна, Олши, Уезд,

Усталеч), б) в пегматоидах-калишпатитах Свратецкой зоны; 7) существование достаточно обширной позднепротерозойской (рифейской?) Пращской, или Эобаррандовой, впадины — аналога бассейна Атабаска, перекрывающей различные эродированные структуры купола и выполненной слабометаморфизованными терригенными отложениями постспилитовой серии мощностью 1,7–2 км (до 3 км); 8) присутствие в основании разреза этой серии специфических образований [12], свидетельствующих о существовании регионального предрифейского ССН и длительности эпохи континентального выветривания; к этим образованиям относятся: а) грубообломочные «тиллитоподобные» добришские и литошицкие конгломераты, которым приписывается гляциальное происхождение (вероятные аналоги реголитов Атабаски), б) красные и пестрые полосчатые сланцы, скорее всего, фиксирующие латеритные коры выветривания.

Потенциально перспективная на тип несогласия Пращская впадина реконструируется: а) по выходам постспилитовой песчано-алевролитовой серии верхнего альгонка (рифей) в северо-западном экзоконтакте Среднечешского массива (юг палеозойского Баррандова прогиба), б) по реликтам этой серии в ксенолитах внутри этого массива, в) по обнажениям сходных отложений («эокембрий») к западу от Насаврецкого плутона в Железных горах. Реконструированные размеры впадины превышают 150–200 × 40–60 км, что свидетельствует о ее соразмерности с бассейном Атабаска. Разрез впадины наращивается отложениями нижнего кембрия и ордовика, которые с глубоким размывом перекрывают докембрийские структуры. Северная часть впадины скрыта под отложениями «чешского мела», выполняющего Лабскую депрессию.

По аналогии с провинцией Атабаска масштабное урановое оруденение в основании Пращской впадины, точнее, в зоне предрифейского ССН ожидается в рамках секториальных протограбенов Чешского гранито-гнейсового купола. При этом наибольшей площадью выходов рифейских отложений на поверхность и адекватной (или большей) площадью зоны предрифейского ССН на глубине отличается Среднечешский протограбен — нижнепротерозойский складчатый пояс. Он уже давно выделен в качестве самостоятельного рудного района с жильными сульфидно-настурановыми, колчеданными серебро-полиметаллическими и золоторудными месторождениями, которые размещаются цепочкой вдоль северо-западного контакта Среднечешского герцинского гранитоидного массива. Эта группа месторождений обычно приводится в качестве классического примера герцинских гидротермальных рудных концентраций, пространственно и парагенетически связанных с гранитоидами эпохи позднепалеозойской тектоно-магматической активизации [6].

Таким образом, в пределах Среднечешской рудоносной структуры проявлены региональные ус-

ловия, благоприятные для локализации как герцинских гидротермальных жильных месторождений, так и значительно более древних стратиформных месторождений типа несогласия. К первой группе условий относится узел пересечения двух зон глубинных разломов (субмеридиональной Пшибрамской и северо-восточной Среднечешской) вблизи северо-западного контакта гранитоидного массива [6]. Вторая группа условий включает участок перекрытия структур Среднечешского протограбена поверхностью ССН в основании рифейской Пращской впадины. Первой группе условий соответствует Пшибрамское рудное поле размерами 25 × 10 км, включающее большую часть известных жильных месторождений. Вторая группа условий, распространяющаяся на большую площадь (около 100 × 10 км), как правило, не проявлена на поверхности и размещается на глубинах от нескольких десятков метров около Мнишека до нескольких километров вблизи Пшибрама. О перспективах выявления связанных с ней масштабных месторождений урана можно судить по результатам более подробного рассмотрения особенностей строения и рудоносности Среднечешской структуры. Важное значение при этом имеет вопрос об источниках рудного вещества известных месторождений.

**Перспективы Среднечешского рудного района на тип несогласия.** Условными границами Среднечешской рудоносной структуры (протограбена) размерами 120 × (10–70) км считаются две системы долгоживущих разломов, сходящихся вблизи Праги. На севере — это субширотная Пльзеньская зона, погребенная под отложениями палеозойского Баррандова прогиба, а на юго-востоке — Иловская зона «метаморфических островов» — ксенолитов субстрата в приконтактовой части крупного Среднечешского герцинского гранитоидного массива (рис. 2). Контакт этого массива с выполнением протограбена преимущественно линейный, крутопадающий и сопровождается ороговикованием рифейских песчаников, а также появлением граната, кордиерита, андалузита в подстилающих метаморфитах спилитовой серии.

Среднечешская рудоносная структура имеет ступенчатое блоковое строение. Поперечными разломами ССЗ простирается, залеченными апофизами гранитоидного массива и дайками, она разделяется на три основных блока (с юго-запада на северо-восток): Клатовский, Пшибрамский и Мнишекский. Блоки различаются уровнем эрозионного среза, степенью дислоцированности отложений рифея (постспилитовой серии), глубиной залегания и морфологией поверхности предрифейского несогласия, рудоносностью (рис. 3).

*Клатовский блок* наиболее приподнят, глубоко эродирован и полностью лишен отложений постспилитовой серии рифея. Среди пород пестрой спилитовой серии вблизи герцинских гранитов известны рудопроявления урана Усталеч, Уезд, Стругадло, приуроченные к альбит-хлоритовым метасоматитам моравского типа. Вариации изо-



топного возраста сульфидно-настурановых руд от 280 до 400–700 млн лет тому назад указывают на многоэтапность формирования этих объектов [10].

*Пшибрамский блок* протяженностью 30 км располагается между Рожмитальской на западе и Новокнинской на востоке апофизами массива и является весьма рудонасыщенным: в его пределах известны как урановые, так и серебро-полиметаллические месторождения. Блок значительно опущен по сравнению с Клатовским и сложен терригенными отложениями рифея и кембрия, которые смяты в линейные асимметричные складки СВ простирания и рассечены продольными и поперечными разломами. Породы подстилающей рифей пестрой спилитовой серии вскрыты здесь горными выработками только в ядре Пшибрамской антиклинали, причем на глубинах около 2 км, в связи с чем зона предрифейского ССН по площади практически осталась не изученной.

Рудоносными для блока в целом являются системы ветвящихся кварц-карбонатных жил и диабазовых даек, рассекающих породы постспилитовой серии рифея и (или) кембрия, которые несогласно перекрывают спилитовую серию. Жилы и дайки ориентированы поперечно или диагонально по отношению к осям складок и северо-западному прямолинейному контакту гранитоидного массива.

Наибольшее количество рудоносных жил размещается в ядре (своде) Пшибрамской антиклинали под нависающим козырьком гранитоидов (рис. 3). Здесь в экзоконтактовой полосе ороговикованных песчаников рифея шириной до 1 км сконцентрировано огромное количество карбонатно- и сульфидно-настурановых жил Пшибрамского рудного поля с возрастом урановых руд  $276 \pm 8$  и 180 млн лет назад. Вертикальный размах уранового оруденения вдоль жил в рифейских песчаниках достигает 1,5–2 км. В подстилающих породах спилитовой серии рудоносные жилы не прослеживаются. Несмотря на обилие природных восстановителей в этих породах (сульфиды — до 8%, антраксолит, графит), существенных концентраций урана вблизи поверхности ССН не отмечено [6]. Вместе с тем, эти наблюдения касаются только ядра антиклинали и не могут быть экстраполированы на зону ССН в целом.

В пределах рудоносной полосы Пшибрамского рудного поля протяженностью 25 км условно выделяется целый ряд жильных узлов (месторождений), отстоящих друг от друга на 2–5 км. Суммарные запасы урана, извлеченные из недр при эксплуатации рудного поля, оцениваются в 65 тыс. т [8]. При этом удельная линейная продуктивность этой структуры, как и для блока Волластон, составляет 2,6 тыс. т/км.

Тесная пространственная ассоциация урановых месторождений с поверхностью предрифейского ССН и высокая продуктивность рудоносной полосы (зоны), сопоставимая с продуктивностью краевых зон блока Волластон, свидетельствуют о формировании богатого жильного оруденения Пшибрама за счет трансформации залежей типа

несогласия. Первичное положение таких залежей, по аналогии с указанным блоком, наиболее вероятно вблизи краевой Иловской зоны Среднечешского протограбена, т. е. южнее Пшибрама. Современное размещение уранового оруденения, скорее всего, является следствием двухэтапной регенерации. Сначала под термическим и механическим воздействием массива гранитоидов рудные залежи из краевой Иловской зоны выжимались вдоль поверхности несогласия в ядро Пшибрамской антиклинали, отрываясь при этом от своих «корней» в основании рифея. Позднее, в связи с возникновением околосреднечешских гидродинамических систем происходило заполнение трещин в ороговикованных песчаниках на настураном из перемещенных залежей несогласия, так и сульфидами из подстилающих ССН пород спилитовой серии.

Вместе с тем, наиболее крупные скопления серебро-полиметаллических жил размещаются обособленно от урановорудной полосы. Месторождения Богутин и Бржезовы горы располагаются к северу от нее в 3–4 км среди отложений кембрия, а месторождение Вранчице находится в 1,5 км южнее в эндоконтактовой части гранитоидного массива. Источниками рудного вещества для них, несомненно, являлись крупные залежи массивных сульфидных руд и сульфидсодержащие углеродистые породы пестрой спилитовой серии на участках выпадения из разреза отложений рифея. На нижних горизонтах Пшибрама в карбонатно-настурановых жилах среди песчаников резко увеличивается количество ураноносного твердого битума — антраксолита, а также сульфидов, которыми изначально обогащены породы подстилающей спилитовой серии.

Таким образом, источники рудного вещества для урановых и серебро-полиметаллических «гидротермальных» (регенерационных) жильных месторождений Пшибрамского рудного поля, вероятнее всего, были различными, но сближенными в зоне предрифейского—предкембрийского несогласия.

Наиболее восточный — *Мнишекский блок* протягивается от Мнишека до Чешского Брода на 55–60 км и сложен преимущественно породами постспилитовой серии рифея. С юга он ограничивается Иловской тектонической зоной и гранитоидами Среднечешского массива. По сравнению с Пшибрамским блоком он более приподнят и менее дислоцирован, в связи с чем зона предрифейского несогласия находится значительно ближе к современной поверхности, а в ядрах некоторых брахиантиклиналей (куполов) даже обнажаются породы подстилающей спилитовой серии. В такой обстановке, т. е. вблизи зоны ССН, размещается ряд аномалий и рудопроявлений урана (Мнишек, Нова Вес), что может рассматриваться как положительный признак при оценке территории на тип несогласия.

В Мнишекском блоке, как и в Пшибрамском, по имеющимся у автора данным, зона предрифейского несогласия практически не изучена, хотя находится ближе к поверхности. В целом на



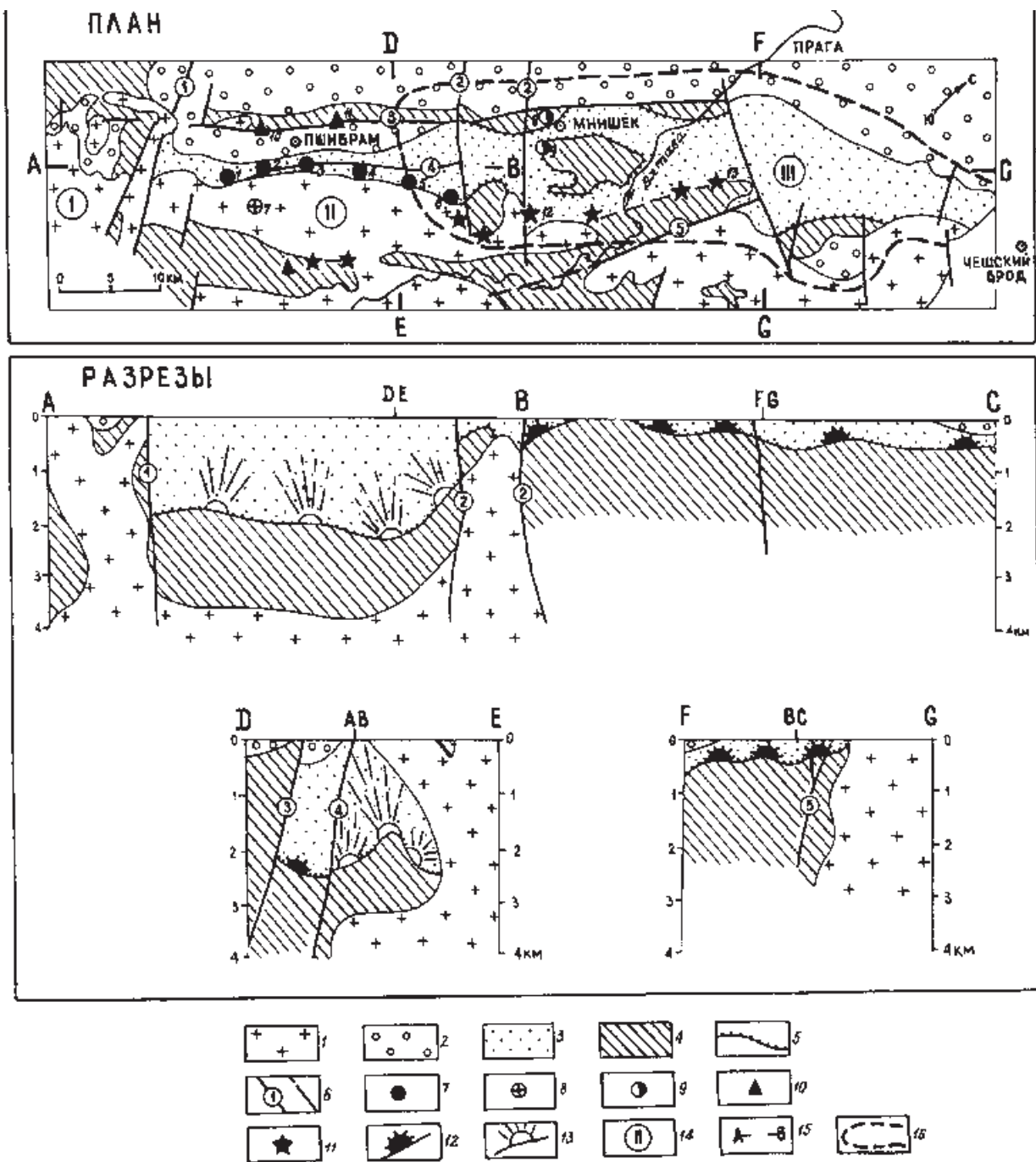


Рис. 3. Вероятная позиция регенерированных урановых месторождений типа несогласия в герцинских структурах Среднечешского рудного района

1 — гранитоиды Среднечешского массива; 2–4 — стратифицированные комплексы: 2 — нижнего палеозоя (кембрий, ордовик), 3 — верхнего протерозоя (постспилитовая серия, рифей?), 4 — нижнего протерозоя (спилитовая серия); 5 — предрифейское структурно-стратиграфическое несогласие; 6 — разломы, зоны разломов (1 Рожмитальский, 2 Новокнинский, 3 Иловый, 4 Деловский и Дубенецкий, 5 Иловская зона); 7–9 — урановые месторождения — вероятные производные регенерации рифейских концентраций типа несогласия (на плане): 7 — системы жил в песчаниках рифея (рудные узлы 1–6 Пшибрама), 8 — жилы в герцинских гранитоидах (7 Вранчице), 9 — зоны в породах спилитовой серии вблизи предрифейского несогласия (8 Мнишек, 9 Нова Вес); 10 — жильные серебро-полиметаллические месторождения в породах кембрия и рифея (10 Богутин, 11 Бржезовы горы); 11 — жильные месторождения и рудопоявления золота (12 Новокнинское, 13 Иलोво); 12–13 — предполагаемые стратиформные урановые месторождения типа несогласия (на разрезах): 12 — слаборегенерированные (сохранившиеся), 13 — полностью разрушенные, трансформированные в крутопадающие жильные системы пшибрамского типа; 14 — поперечные тектонические блоки рудного района (I Клатовский, II Пшибрамский, III Мнишекский); 15 — линии геологических разрезов: ABC — продольный разрез, DE, FG — поперечные разрезы; 16 — перспективная Мнишекская площадь

глубину обследована лишь южная часть блока, прилегающая к гранитам и считавшаяся перспективной на пшибрамский тип жильных урановых руд. При этом отсутствие урановых месторождений в краевой Иловской зоне также может объясняться латеральным перемещением вещества в плоскости предрифейского несогласия под воздействием массива гранитоидов с локализацией богатых руд во вторичных коллекторах: в ядрах брахиантиклиналей и вблизи экранов — продольных крутопадающих разломов, субпараллельных Иловской зоне и контакту массива. Отсутствие четко выраженных рудных жил среди песчаников рифея связано, вероятно, с положением блока вне зон поперечных разломов типа Пшибрамского, которые контролировали окологранитные гидродинамические системы второго этапа герцинской регенерации руд несогласия.

Все изложенное позволяет предполагать в пределах Мнишекского блока существование мало разрушенных или полностью сохранившихся вторичных (перемещенных) или даже первичных крупных урановорудных залежей вблизи поверхности предрифейского несогласия на глубинах от нескольких десятков до 400–500 м (рис. 3). Такие залежи не проявлены на поверхности и не могли быть выявлены при наземных поисках.

Первичная уплощенная форма предполагаемых рудных залежей может быть осложнена короткими крутопадающими рудными апофизами-жилами среди песчаников, напоминающими «висячие», «штоковые» рудные тела месторождения Сигар-Лейк. В прогнозируемых богатых урановых рудах предполагаются существенные примеси целого ряда ценных элементов, в частности серебра, золота, никеля, кобальта, меди, возможно, платиноидов. Это соответствует как геохимической специализации углеродистых пород спилитовой серии, так и спектру руд из пшибрамских жил.

Используя данные об удельной продуктивности рудоносных структур блока-прототипа Волластон (Саскачеван), можно ориентировочно оценить прогнозные ресурсы урана Мнишекской перспективной площади. Для ее южного фланга протяженностью около 60 км они могут составить примерно  $60 \text{ км} \times 2,5 \text{ тыс. т/км} = 150 \text{ тыс. т}$ . Эта цифра вполне коррелирует с реальными извлеченными ресурсами Пшибрамского рудного поля протяженностью 25 км, которые составляют около 65 тыс. т урана. При оценке потенциала обоих флангов и Мнишекской площади в целом ресурсы могут составить 250–300 тыс. т урана.

Определенный интерес для выявления месторождений типа несогласия может представлять также площадь развития «эокембрия» (рифея) в Железных горах к западу от Насаврецкого герцинского гранитоидного массива. Многочисленные рудопроявления урана среди пород кутнгорской пестрой серии в обрамлении этой площади (Бернардов, Литомержице, Бжезинка и др.) могут быть интерпретированы как «корни» урановых концентраций вблизи поверхности несогласия.

Подобные перспективные обстановки прогнозируются также в Судетах на северном фланге Чешского массива.

**Специфика изучения перспективной Мнишекской площади.** Специфика локального прогнозирования и детальных поисков урановых месторождений несогласия в структурах основания срединного массива определяется характером изменений типовых условий размещения оруденения (см. провинция-прототип), которые произошли в фанерозое и особенно в позднем палеозое в результате процессов тектоно-магматической активизации. В числе этих преобразований складчатые и разрывные деформации рудоконтролирующей поверхности предрифейского ССН, термальное и механическое воздействие гранитоидов и даек, усложнение первичной морфологии рудных залежей, изменение околорудной метасоматической зональности.

Планомерным буровым работам при поисках месторождений, не проявленных на поверхности, всегда должны предшествовать подготовительные геолого-геофизические исследования. Целью их является расшифровка особенностей геологического строения территории и выявление благоприятных для рудолокализации ситуаций на доступных глубинах.

Подготовительные исследования должны включать два вида работ: 1) сбор, обобщение и комплексный анализ имеющихся материалов по ранее проведенным геологическим, геофизическим, геохимическим, металлогеническим и другим исследованиям; 2) объемное специализированное геологическое картирование масштаба 1:50 000 с составлением карты поверхности и серии поперечных и продольных геолого-геофизических разрезов м-ба 1:10 000 до глубины 1–3 км. Объемность построений при этом реализуется применением площадных и профильных геофизических работ (грави-, магнито-, электро-, сейсморобот и др.) с заверкой их результатов отдельными опорными скважинами. В свою очередь специализация объемного геологического картирования достигается использованием комплекса прогнозных критериев и признаков, характерных для месторождений искомого типа в провинциях-прототипах.

Результатом подготовительных исследований должно являться составление объемной пространственной модели складчато-блокового строения перспективной площади в компьютерном или графическом вариантах.

На этой модели должны быть отражены: 1) структура рифейского чехла и его кристаллического основания (элементы стратиграфического разреза, складчатые и разрывные дислокации, интрузии, дайки и пр.); 2) глубина залегания и морфология поверхности предрифейского несогласия, наличие реолитов и кор выветривания; 3) положение электропроводящих углеродистых горизонтов и зон кристаллического основания на уровне несогласия; 4) размещение рудных проявлений и геохимических аномалий (урановых, сульфидно-полиметаллических, золотых, комплексных),

контролирующих их структур и метасоматитов. На основе указанной модели может быть проведена реконструкция первичного облика поверхности несогласия с отражением всех типовых особенностей (критериев), влияющих на локализацию рифейских стратиформных рудных залежей. Анализ объемной специализированной геологической карты и модели позволяет наметить локальные перспективные участки максимального совмещения критериев и признаков рудоносности для последующего прицельного разбуривания по густой сети.

Весьма важным при анализе результатов и материалов подготовительных работ является также выделение наложенных послерифейских (преимущественно герцинских) структур, которые могли контролировать размещение регенерированных руд. В числе таких структур разломы, жильные и дайковые системы, апофизы гранитного массива, замковые части антиклинальных складок.

Учитывая различную степень герцинской переработки перспективной Мнишекской площади, в ее пределах прогнозируют три вида урановорудных залежей. На удалении от гранитного массива вероятны залежи, близкие к стратиформным. Ближе к массиву прогнозируются такого же рода залежи, но осложненные многочисленными жильными апофизами. В экзоконтакте массива в зоне ороговикования песчаников вероятны крутопадающие жилы пшибрамского типа. Предполагается, что преобладающим на Мнишекской площади будет второй тип залежей урановых руд. Кроме того, возможно обнаружение новых жильных месторождений золота, тяготеющих к краевой Иловской зоне, в том числе в омоложенных древних

бластомилонитах, ороговикованных песчаниках рифея и гранитоидах.

В заключение следует отметить следующие важные моменты: 1. Первый опыт прогнозирования месторождений типа несогласия в структурах основания срединного массива проведен с применением новой технологии, которая включает метод абстрактных аналогий и палеотектонические реконструкции докембрийских рудоносных структур. 2. Двойственное положение жильных урановых месторождений Пшибрамского рудного поля (в экзоконтакте герцинской гранитоидной интрузии и вблизи основания рифейского осадочного бассейна) может свидетельствовать об их происхождении за счет гидротермальной регенерации стратиформных залежей типа несогласия. 3. На Мнишекской площади вне сферы активного влияния факторов тектоно-магматической активизации (гранитоиды, разломы, складки и др.) прогнозируются не проявленные на поверхности слабо-регенерированные или полностью сохранившиеся месторождения типа несогласия, располагающиеся вблизи основания постспилитовой серии на глубинах до 500 м. 4. При успешной реализации этого прогноза рудная провинция Чешского массива может повторить исторический опыт развития провинции-прототипа Атабаски, где многие десятилетия отделяют открытие месторождений типа несогласия от времени обнаружения и эксплуатации месторождений в крутопадающих структурах, выходящих на поверхность. 5. Обнаружение крупных месторождений урана типа несогласия в структурах основания срединного массива позволит использовать применяемую методологию прогнозирования на территории России.

1. Андерхилл Д. Х., Бойцов А. В., Тарханов А. В., Намов С. С. Мировые запасы, производство и потребление урана // Уран на рубеже веков: природные ресурсы, производство, потребление. Тр. междунар. симпозиума по геологии урана. М.: Изд-во ВИМС МПР, 2002. С. 21–25.

2. Афанасьев Г. В. Месторождения типа несогласия: предпосылки формирования, вероятные гомологи, критерии прогнозирования // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Инф. сб. Вып. 143. М., 2001. С. 13–21.

3. Машковцев Г. А., Кисляков Я. М., Мизута А. К. и др. К методологии прогнозирования высокорентабельных урановых месторождений // Отеч. геология. 1995. № 9. С. 21–27.

4. Металлогения урана континентальных блоков земной коры / Под ред. Ю. М. Шувалова. Л.: Недра, 1980. 256 с.

5. Тишкин А. И., Тарханов А. В., Стрельцов В. А. Урановые месторождения древних щитов. М.: Недра, 1990. 144 с.

6. Урановые месторождения Чехословакии / Ред. Ю. А. Арапов, В. Е. Бойцов, Г. А. Кремчуков и др. М.: Недра. 1984. 445 с.

7. Bouška V., Pešek I. Úvaha o zdrojích energie pro 21. století // Uhlí. Rudy. Geologický průzkum. 2001. N 3. S. 3–9.

8. Hruška J. Konec těžby uranu ve střední Evropě // (Český uran, jeho význam pro naši jadernou energetiku) // Uhlí. Rudy. Geologický průzkum. 2003. N 6. S. 30–31.

9. Metalogenetická mapa ČSSR, měř. 1:500 000 / Red.: I. Ilavský, V. Sattran. ÚÚG-GÜDS: Praha, 1981.

10. Ordynec G. E., Žukova V. J., Habásko I. Prevariská uranová minerazacie v proterozoiku Českého masívu // Časopis pro mineralogii a geologii. 1984. V. 29, N 1. S. 60–77.

11. Plojhar V., Vandas I. Sanace a recultivace žilných ložisek. Odštěpný závod Správa uranových ložisek Příbram // Uhlí. Rudy. Geologický průzkum. 2000. N 11. S. 14–15.

12. Regionální geologie ČSSR. Český masív. Praha, 1964. Díl 1–378 s. Díl 2–544 s.

13. Ružička V. Geological comparison between East European and Canadian uranium deposits // Geol. Surv. Canada. Pap. 70–48. 1971. 196 p.

14. The Cigar Lake Uranium deposit. Saskatchewan, Canada // Canad. J. Earth Sci., 1993. Vol. 30. N 4. P. 650–764.

15. Uranium exploration in Atabaska Basin. Saskatchewan, Canada / Ed. E. M. Cameron // Geol. Surv. Canada. Pap. 8211. 1983. 310 p.