

11. *Техногенные ресурсы минерально-строительного сырья* / Е.С. Туманова, А.Н. Цибизов, Н.Т. Блоха и др. — М.: Недра, 1991. — 208 с.
12. *Техногенные минерально-сырьевые ресурсы* / Под ред. Б.К. Михайлова. — М.: Научный мир, 2012. — 236 с.
13. *Техногенные ресурсы России. Общие сведения. Справочник* / З.М. Шульгина, Н.В. Анфилатова, Е.Н. Ковалева и др. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. — 199 с.
14. *Туманова, Е.С. Минеральное сырье. Сырье техногенное. Справочник* / Е.С. Туманова, Р.Р. Туманов. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. — 44 с.
15. *Чернявский, А.Г. О проблеме освоения техногенных ресурсов* / А.Г. Чернявский // *Минеральные ресурсы России*. — 2020. — № 3. — С. 58–64.
16. *Шадрунова, И.В. Оценка минералого-технологических особенностей техногенного минерального сырья при прогнозировании возможностей его переработки и селективности дезинтеграции* / И.В. Шадрунова, Е.В. Колодежная, Е.Г. Ожогина, О.Е. Горлова // *Технологическая минералогия природных и техногенных месторождений*. — Петрозаводск, 2015. — С. 35–42.

© Коллектив авторов, 2021

Аксенов Евгений Михайлович // eruselik@geolnerud.net  
 Вольфсон Иосиф Файтелевич // rosgeo@yandex.ru  
 Подтуркин Юрий Александрович // yudoss@me.com  
 Фаррахов Евгений Гатович // geo@rosgeo.org  
 Швец Михаил Юкелевич // mush45@mail.ru

УДК 553.495: 553.078.2 (712.4)

**Гребенкин Н.А., Рогожина М.А., Ржевская А.К., Чистякова И.Е. (ФГБУ «ВИМС»)**

#### **АНАЛИЗ НОВЫХ ОТКРЫТИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ» ВПАДИНЫ АТАБАСКА (ПРОВИНЦИЯ САСКАЧЕВАН, КАНАДА)**

*Проведен анализ и обобщение успешного опыта поисковых работ скрытых месторождений урана типа «несогласия» впадины Атабаска в провинции Саскачеван (Канада). Представлена геологическая характеристика и краткая история их открытия на основе опубликованных отчетов компаний, занимающихся поиском и разведкой этих месторождений. Сделан вывод о том, что успех поисков обусловлен комплексом методических и организационных факторов. Даны рекомендации по изменению некоторых методических подходов при организации отечественных ГРП. **Ключевые слова:** месторождения урана типа «несогласия», впадина Атабаска, поиски скрытых месторождений урана.*

Grebenkin N.A., Rogozhina M.A., Rzhetskaya A.K., Chistyakova I.E. (VIMS)

**ANALYSIS OF NEW DISCOVERIES OF URANIUM DEPOSITS OF «UNCONFORMITY» TYPE ATHABASCA TROUGHS (SASKATCHEWAN, CANADA)**

*The analysis and summarize of the successful experience of prospecting for concealed uranium deposits of the «unconformity» type in the Athabasca Basin, Saskatchewan province (Canada) is carried out. The geological characteristics and a*

*brief history of the discovery of such deposits are presented on the basis of published reports of companies engaged in prospecting and exploration of these deposits. It is concluded that the success of the prospecting is due to a complex of methodological and organizational factors. Recommendations for changing some methodological approaches in the organization of domestic exploration practice are given. **Keywords:** uranium deposits of the «unconformity» type, Athabasca basin, concealed uranium deposits prospecting.*

В связи с высокой степенью изученности территории России аэро- и наземными радиометрическими методами возможности открытия отечественных урановых месторождений, выходящих на дневную поверхность, фактически исчерпаны, что обуславливает необходимость поиска скрытых и слабо проявленных объектов. Исходя из этого, практический интерес представляет изучение успешного опыта поисков месторождений в Канаде в провинции Саскачеван во впадине Атабаска (рис. 1).

Месторождения урана в бассейне Атабаска, как правило, располагаются на глубинах в сотни метров и относятся к типу «несогласия», т.е. пространственно связаны с предрифейским структурно-стратиграфическим несогласием (ССН), представляющим собой границу архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента и нижнерифейского осадочного чехла (рис. 2). Схожие региональные перспективные зоны предрифейского ССН откартированы и на территории России — в пределах южного обрамления Сибирского кратона, на Анабарском и Балтийском щитах.

Именно поэтому изучение геологических особенностей месторождений типа «несогласия» впадины Атабаска, методов и методики проведения геологоразведочных работ (ГРП) имеют важное научно-практическое значение для отечественной геологоразведки. Применение успешного зарубежного опыта позволит повысить эффективность поисковых работ на тип «несогласия» в России.

#### *Краткая история ГРП во впадине Атабаска [10]*

Первые урановые месторождения в провинции Саскачеван были открыты в начале 1950-х годов. Они характеризовались рядовыми бедными рудами, располагались на дневной поверхности за пределами бассейна Атабаски, в его северном обрамлении, не были связаны с зоной ССН и не относились к типу «несогласия».

В 1967 г. консорциум компаний Dynamic Group провел радиометрическую съемку в пределах области развития слабо изученных песчаников впадины Атабаска и в ее обрамлении. В 1968 г. при заверке одной из аэrorадиометрических аномалий, располагающейся в северо-восточном обрамлении впадины, было открыто выходящее на дневную поверхность месторождение урана Rabbit Lake.

В 1969 г. было найдено месторождение Cluff Lake с богатой рудой до 6 %  $U_3O_8$ , что послужило толчком к активному геологоразведочному лицензированию Северного Саскачевана. К 1972 г. из-за отсутствия поло-

жительных поисковых результатов многие участники аннулировали лицензии на ГРП в этом районе. Однако в процессе исследований в этот период были определены некоторые элементы геолого-поисковой модели месторождений типа «несогласия». В 1975 г. при открытии месторождения Key-Lake было установлено, что рудные объекты контролируются графитовыми пелитовыми гнейсами, которые отвечают зонам электропроводности, что явилось важным шагом в развитии геолого-поисковой модели.

В период с 1968 по 1977 г. ГРП во впадине Атабаска были направлены в основном на открытие неглубоко залегающих месторождений, пригодных для разработки открытым способом.

В 1977 г. проводилось бурение в пределах ореола радиоактивных валунов, в результате на глубине более 300 м от дневной поверхности было выявлено месторождение Midwest. Обнаружение этого объекта позволило возобновить поисковые работы, что в дальнейшем привело к открытию богатых месторождений урана, залегающих на значительных глубинах.

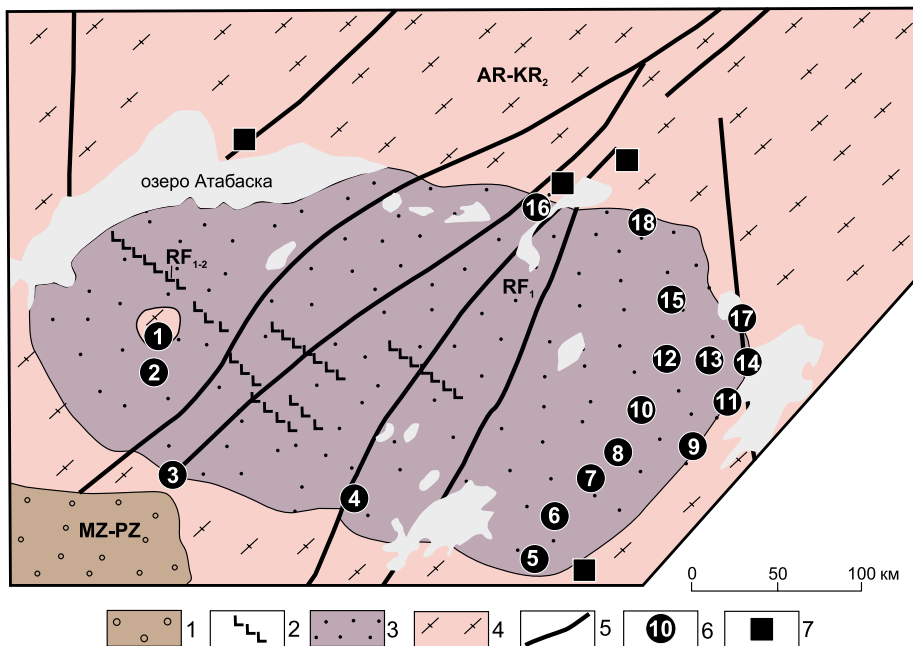
Вслед за открытием месторождения Down Lake в 1978 г. и McClean Lake в 1979 г., в 1981 г. была найдена «урановая жемчужина» — месторождение Cigar Lake, которое в настоящее время признано самым богатым и вторым по запасам урана в мире.

В 1988 г. было открыто месторождение McArthur River — одно из крупнейших по запасам урана в мире и второе после месторождения Cigar Lake по содержанию урана.

С 1990 по 2000 г. из-за обвала рынка цен на уран поиски в бассейне Атабаска носили локальный характер. В этот период только крупные компании, такие

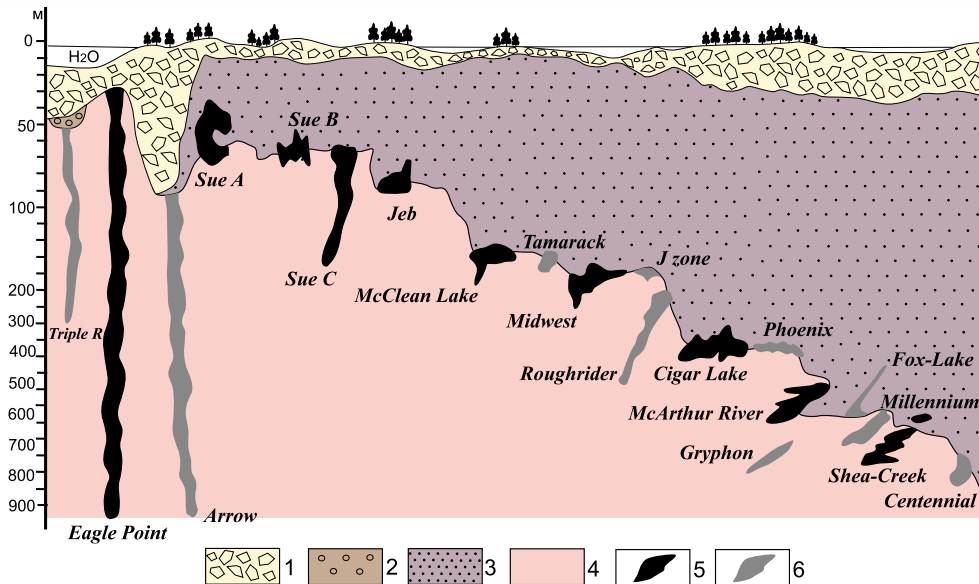
как Cameco и Areva, продолжали финансировать поисковые работы, хотя и в меньших объемах, но главным образом в пределах или вблизи существующих месторождений. Однако в этот период времени активные ГРП осуществлялись в западной части бассейна Атабаска южнее структуры Carswell в пределах района Shea-Creek. Они привели к открытию группы месторождений Shea-Creek (Anne, Colette, Kianna). Статус месторождений эти объекты получили только в начале 2000-х годов.

С 2000 г. и по настоящее время начинается новый этап ГРП во впадине Атабаска. Поисковые открытия этого периода связаны исключительно с глубоко залегающими скрытыми месторождениями либо с объектами, перекрытыми современными отложениями (рис. 2). В последнем случае речь идет о новых рудных гигантах на юго-востоке впадины, которая ранее не относилась к числу первоочередных перспективных территорий. Активные ГРП на уран в бассейне Атабаска за прошедшие 20 лет систематически приводили и приводят к новым открытиям. По разным оценкам за этот период обнаружено более 10 месторождений с суммарными запасами около 400 тыс. т  $U_3O_8$  (рис. 3) [14]. Среди них (тыс. т  $U_3O_8$ ): 2000 г. — Millennium (29,2), 2004 г. — Centennial (около 20,0), 2005 г. — Tamarack (6,9), 2008 г. — Roughrider (более 15,0) и Phoenix (27,1), 2010 г. — J zone (5,8), 2011 г. — Fox Lake (26,2), 2012 г. — Triple R (39,4), 2014 г. — Gryphon (22,5) и Agrow (106,3), 2017 г. — Huskie (2,6) и Orora (1,6), а также другие объекты, в том числе перспективные проявления, на которых в настоящее время продолжают поисковые и поисково-оценочные работы. Запасы их до сих пор не оценены, но, исходя из рудных пересечений,



**Рис. 1. Положение месторождений урана и перспективных рудопроявлений на геологической схеме бассейна Атабаска и его обрамления (составлено с использованием материалов Natural Resources Canada, а также [15, 6]:** 1 — фанерозойские осадочные отложения; 2 — дайки основного состава ( $RF_{1-2}$ ); 3 — осадочные отложения рифейского чехла ( $RF_1$ ); 4 — нерасчлененные породы фундамента ( $AR-KR_2$ ); 5 — разрывные нарушения; 6 — месторождения и перспективные рудопроявления урана типа «несогласия»: 1 — Cluff-Lake (Claude, Cluff-Lake, D, Dominic Peter); 2 — Shea-Creek (58B, Anne, Colette, Kianna); 3 — Triple R, Arrow, Harpoon Discovery, Spitfire, Hornet, Dragon, South Arrow; 4 — Centennial; 5 — Key-Lake, Deilmann, Gaertner, P-Patch; 6 — Phoenix, Gryphon, Millennium, Mann-Lake; Maverick; 7 — Fox-Lake, P2 Main zone, BJ zone, McArthur River, West McArthur River; 8 — Paul

Bay, Ken Pen, Orora; 9 — West Bear; 10 — Cigar Lake, Thorburn Lake, ZZ Lake; 11 — Raven, Horseshoe, Rabbit Lake; 12 — Roughrider, J zone, Huskie, Midwest A, Midwest; 13 — Dawn Lake, Jeb, Tamarack, McClean Lake, Sue A, B, C; 14 — Collins Bay B, Collins Bay A, Eagle Point; 15 — Hurricane, Geiger; 16 — Black Lake; 17 — Red Willow; 18 — Newnham Lake; 7 — месторождения урана других геолого-промышленных типов



**Рис. 2. Положение относительно дневной поверхности и зоны ССН некоторых месторождений урана типа «несогласия», в том числе выявленных на современном этапе:** 1–3 — чехол: 1 — современные озерно-ледниковые отложения; 2 — девонские песчаники; 3 — рифейские песчаники и конгломераты; 4 — фундамент; 5–6 — месторождения урана, выявленные до (5) и после (6) 2000 г. по данным [6]

многие объекты в ближайшем будущем получают статус месторождений: Hurricane (33,9 %  $U_3O_8$  на 8,5 м, в т.ч. 57,1 %  $U_3O_8$  на 5,0 м); Maverick (4,03 %  $U_3O_8$  на 10 м); Thorburn Lake (3,2 %  $U_3O_8$  на 8,8 м); Mann Lake (2,31 %  $U_3O_8$  на 5,1 м); West McArthur (1,51 %  $U_3O_8$  на протяжении 5,5 м); Black Lake (0,69 %  $U_3O_8$  на 4,4 м); Geiger (2,74 %  $U_3O_8$  на 1,2 м); Red Willow (0,2 %  $U_3O_8$  на 5,8 м); Newnham Lake (0,035 %  $U_3O_8$  на 5,7 м); Rio Lake (0,45 %  $U_3O_8$  на 0,5 м); 2Z Lake (0,61 %  $U_3O_8$ ). К числу таких объектов также принадлежат многочисленные проявления зоны Patterson Lake: Spitfire (10,3 %  $U_3O_8$  на 10 м); South Arrow (6,21 %  $U_3O_8$  на 3,5 м); Bow; Harpoon Discovery; Hornet; Dragon и др.

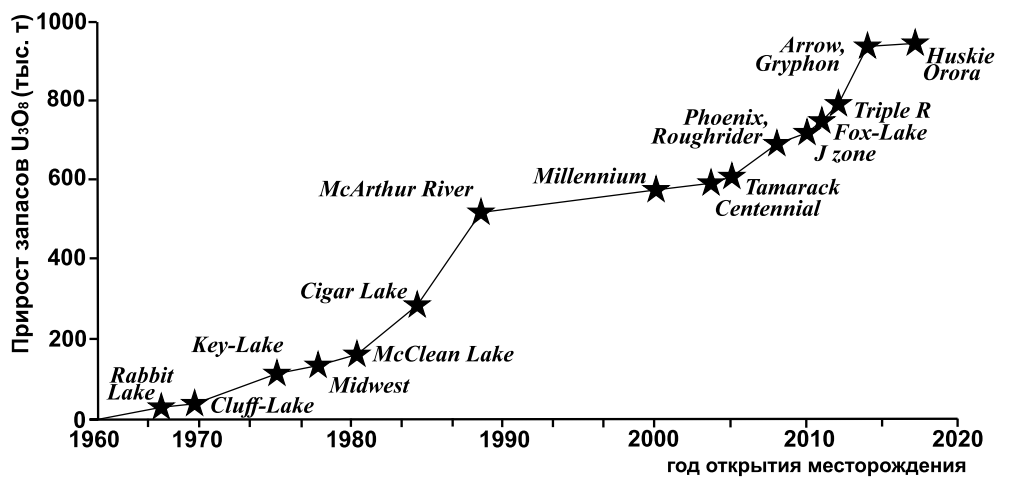
Геологическая характеристика и краткая история открытия основных месторождений современного этапа, представленная ниже в тексте, базируется на материалах опубликованных отчетов преимущественно юниорных компаний, осуществляющих в настоящее время ГРП во впадине Атабаска: CoEX Corporation, UEX Corporation, Denison Mines, Iso Energy Ltd., Skyharbour Resources Ltd, Purepoint Uranium Group Inc, Rio Tinto Group, ALX Resources, CanAlaska Uranium, Fission Uranium, Fission 3.0, NexGen Energy.

*Месторождение Millennium [3, 9, 10, 11]*

Запасы месторождения оцениваются в 29,2 тыс. т

изменений, развитых как в песчаниках группы Атабаска (иллит, хлорит, каолинит, дравит и дикиит), так и в породах фундамента (иллит, соссюрит, серицит, хлорит, дравит). Рудные тела сложены преимущественно оксидом урана различной морфологии.

Поисковые работы на площади были начаты в 1978 г. Только в 1986 г. по результатам электромагнитной съемки методом переходных процессов с фиксированной петлей была обнаружена проводящая структурная зона В1. Последующими геофизическими и буровыми работами в 1998 г. скважиной СХ-38 был вскрыт графитовый проводник. В скважине как в песчаниках, так и в фундаменте были установлены околорудные изменения аргиллизитового типа, сопровождающиеся аномальными содержаниями U, Pb и В. Было решено отступить от проводника на запад



**Рис. 3. Создание минерально-сырьевой базы урана бассейна Атабаска по данным [14]**

еще на 45 м, где в 2000 г. скважина СХ-40 вскрыла рудные тела месторождения Millennium.

#### *Месторождение Centennial [1, 2, 7, 8, 10, 12]*

По данным экспертных оценок запасы месторождения составляют порядка 20 тыс. т  $U_3O_8$ . Содержания урана в руде достигают 8,8 %  $U_3O_8$  на мощность 34 м и 10,27 %  $U_3O_8$  на мощность 28,7 м. Рудные тела локализованы в зоне ССН на границе фундамента и чехла (рис. 4). На месторождении не установлено пространственной связи рудных тел ни с графитовыми проводниками, ни с системой крупных взбросовых нарушений, но в то же время откартированы дайки основного состава группы Mackenzie возраста 1,27 млрд лет. Рудные тела залегают на глубинах около 800 м и располагаются в пределах рудной зоны протяженностью более 700 м. Длина самой крупной залежи составляет 400 м, ширина варьирует от 10 до 52,5 м, мощность достигает первые десятки метров. В песчаниках чехла околорудные изменения представлены хлоритом, каолинитом, дравитом, гематитом, кварцем, а также зонами выщелоченного кварца. В верхней части фундамента наблюдается интенсивная каолинизация, чуть ниже развиты иллит и хлорит. Рудные тела сложены массивным уранинитом, а также вторичными урановыми минералами уранофаном и коффинитом, которые чаще всего заполняют миллиметровые трещины, реже образуют цемент брекчий.

Целенаправленные поисковые работы на площади были начаты с конца 1970-х годов. По результатам съемки с использованием аэроэлектромагнитной системы GEOTEM был выявлен проводник Virgin River. Геохимические аномалии в песчаниках, связанные с этим проводником, послужили стимулом к продолжению ГРП уже в начале 1990-х годов.

В последующем методом переходных процессов в модификации Tandem Moving Loop вдоль зоны Virgin River выявлен проводник С1. В 2003 г. по трем параллельно расположенным в проводящей структуре С1 профилям была проведена съемка методом электрических зондирований с точечным источником с потенциал-установкой (Pole-Pole) при расстоянии между профилями 500 м. По результатам трехмерной инверсии полученных данных на разрезе вдоль зоны проводимости С1 выделены две области пониженного сопротивления, которые обусловлены структурными нарушениями в песчаниках и изменениями пород, а также сама зона кремнистых песчаников в верхней части разреза со значениями сопротивления  $>10\ 000$  Ом·м. В 2004 г. было принято решение о бурении двух скважин на месте пересечения проводника и границы несогласия вблизи нарушения. В первой скважине (VR-17) установлены повышения радиоактивности и изменения в нижней части рифейских песчаников. Скважина VR-18 вскрыла руду в песчаниках в интервалах глубин 710,5–711,7 м и в зоне ССН в интервалах 752,0–762,8 м и 789,1–795,5 м со средними содержаниями 0,27, 1,0 и 5,83 %  $U_3O_8$  соответственно. В 2013 г. на месторождении Centennial были проведены опытно-методические геохимические исследования, включавшие отбор и ана-

лиз проб почво-грунта и коры деревьев. По результатам работ на дневной поверхности была выявлена комбинированная аномалия, которая совпала с проекцией скрытого на глубине 800 м оруденения.

#### *Месторождение Tamarack [5]*

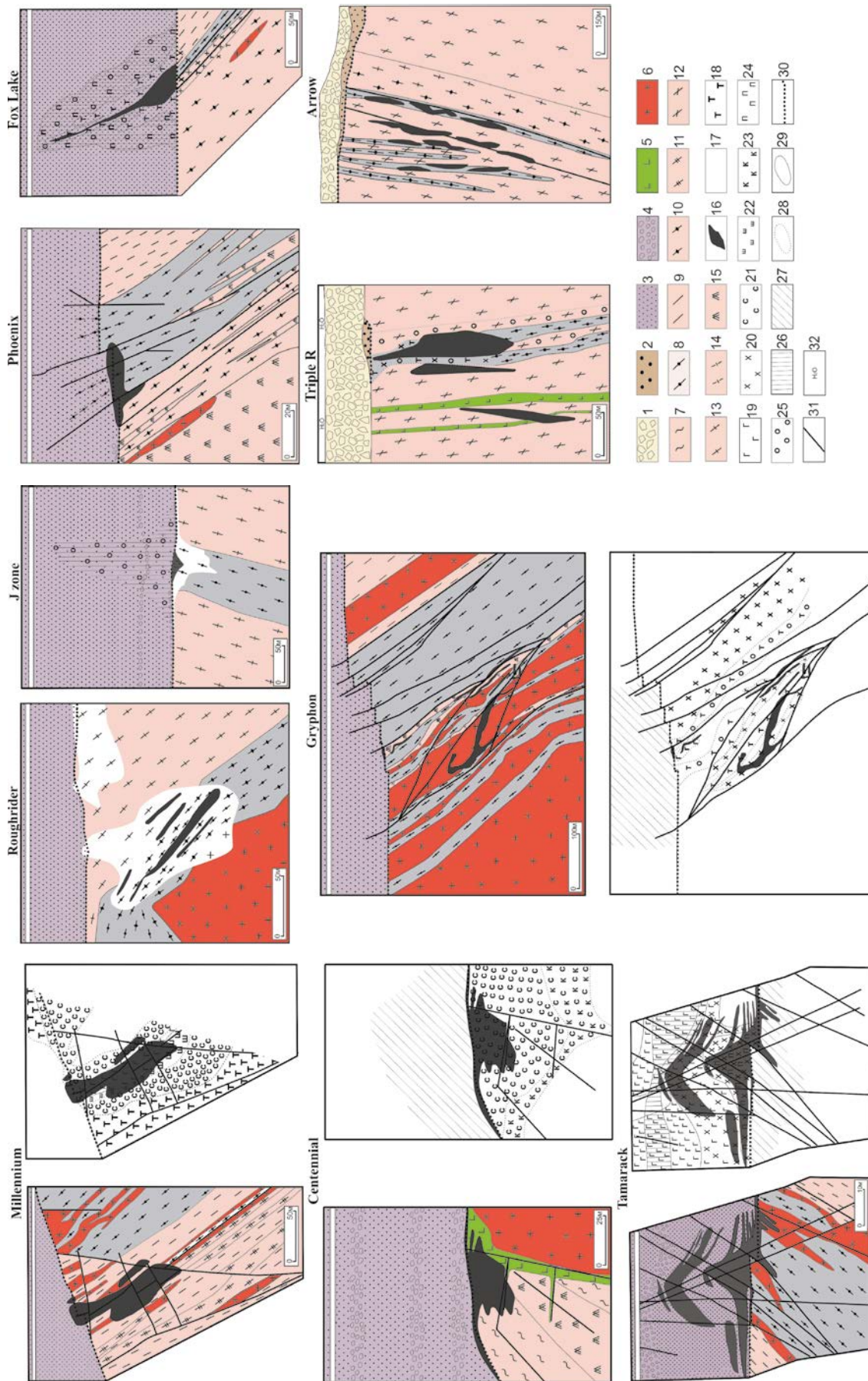
Запасы месторождения Tamarack оцениваются в 6,9 тыс. т при содержании 3,75 %  $U_3O_8$ . В некоторых рудных телах содержания урана достигают 40 %. Месторождение контролируется границей несогласия и зоной взбросовых нарушений (рис. 4). В фундаменте наряду с метапелитами, пегматитами и лейкогранитами наиболее широко распространены умеренно графитосодержащие пелитовые гнейсы. Мощность чехла, сложенного песчаниками и конгломератами, составляет около 190 м. Главное рудное тело локализуется в зоне ССН и представляет собой вытянутую залежь протяженностью около 700 м, шириной порядка 50 м и мощностью чуть более 10 м. Рудные тела локализуются как выше, так и ниже границы несогласия. Отдельные рудные тела встречаются в чехле и в фундаменте на 15–35 м выше поверхности несогласия и на 5–15 м ниже нее соответственно. Околорудные изменения представлены гематитом, пиритом, хлоритом, иллитом с незначительным количеством каолинита, а также зонами десиликации. Последние связаны с процессами растворения кварца в песчаниках, залегающих выше уранового оруденения. Гематит с глинистыми изменениями образует ореол в песчаниках, но отмечается также в породах фундамента. Вблизи оруденения развиты хлорит, сульфиды (пирит, марказит и др.) и арсениды. В фундаменте околорудные изменения представлены серицитом, соссуритом и хлоритом.

Урановая минерализация представлена в основном массивным и пузырчатым уранинитом. Наиболее богатые рудные тела содержат массивный уранинит с обилием сульфидов и арсенидов (никколита). Наличие пузырчатых выделений и вкрапленностей, сложенных урановыми чернями, обуславливает «червеобразное» строение руд. Вторичные урановые минералы встречаются очень редко.

Опоискование площади на уран началось с конца 1960-х годов. В начале 1980-х годов аэроэлектромагнитная съемка выявила общий структурный тренд. В 1999 г. была проведена электромагнитная съемка с установкой Step Loop по единственному профилю, по результатам которой были выявлены умеренно проводящие структуры. Для их заверки была пробурена скважина Q8-65, которая вскрыла урановое оруденение мощностью 3,3 м с содержанием 0,22 %  $U_3O_8$ . В последующем с целью уточнения ориентировки проводящих структур на площади проводились различные модификации как наземных, так и аэро-электроразведочных работ, и только спустя 6 лет, в 2005 г. бурением было подтверждено наличие промышленного уранового оруденения.

#### *Месторождение Roughrider (по материалам отчетов компании Rio Tinto Group)*

Запасы месторождения Roughrider составляют более 15 тыс. т при содержании около 9,0 %  $U_3O_8$ . Рудные



**Рис. 4. Геологические разрезы по месторождениям типа «несогласия», в том числе с ореолами окolorудных изменений. Построены с использованием опубликованных отчетов компаний, осуществляющих ГРР во впадине Атабаска: 1–4 — осадочный чехол: 1 — озерно-ледниковые отложения (Q); 2 — песчаники (D); 3 — песчаники (RF<sub>1</sub>); 4 — конгломераты (RF<sub>1</sub>); 5 — породы основного состава (RF<sub>1-2</sub>); 6–15 — кристаллический фундамент (AR-KR<sub>2</sub>): 6 — гранитоиды и пегматиты (KR<sub>2</sub>); 7 — кварц-хлорит-мусковитовые филлиты; 8 — зоны графитизации и графитосодержащие пелитовые гнейсы, нередко с кордиеритом; 9 — пелитовые гнейсы без графита; 10 — гранатосодержащие пелитовые гнейсы; 11 — кальций-силикатные гнейсы; 12 — турмалин (дравит); 13 — ортогнейсы; 14 — гранито-гнейсы; 15 — кварциты; 16 — рудные тела; 17–27 — ореолы окolorудных изменений: 17 — иллит, серицит, минералы группы глин; 18 — турмалин (дравит); 19 — гематит; 20 — хлорит; 21 — судоит; 22 — шамозит; 23 — клинохлор; 24 — пирит; 25 — друзовидный кварц и зоны окварцевания; 26 — зоны десиликации; 27 — нерасчлененные и неоконтурные окolorудные изменения; 28 — граница развития ореолов окolorудных изменений; 29 — геологические границы; 30 — граница ССН; 31 — разломы; 32 — озера**

зоны и тела месторождения сопряжены с гранат- и кордиеритсодержащими пелитовыми и псаммопелитовыми гнейсами фундамента с подчиненным количеством графитовых гнейсов (рис. 4). Осадочные породы чехла представлены песчаниками и конгломератами мощностью от 195 до 215 м. Оруденение локализуется в пределах субширотной тектонической структуры в трех рудных зонах — Западной, размер которой по длине и ширине составляет 200 × 100 м, Восточной (125 × 70 м) и Дальневосточной (100 × 50 м). В Западной зоне главное рудное тело находится в фундаменте, а его кровля располагается на глубине около 200 м. Над ним в зоне ССН залегает небольшая рудная линза с богатой рудой (более 3 %  $U_3O_8$ ). В пределах Восточной зоны выявлена серия сближенных субпараллельных линз мощностью 80–100 м с относительно более бедной рудой (0,4 %  $U_3O_8$ ). Оруденение Восточной зоны залегает исключительно в породах фундамента на глубине 250 м от дневной поверхности. Рудные тела Дальневосточной зоны также находятся в фундаменте на глубине около 400 м. В породах чехла окolorудные изменения представлены иллитом, гематитом, кварцем, а также зонами десиликации; в фундаменте — иллитом, гематитом и хлоритом.

Богатая урановая руда представлена массивным уранинитом червеобразной формы и локально уранофаном в виде прожилков или выделений, выполняющих пустоты. Более бедная урановая минерализация встречается либо в виде вкрапленных зерен, либо в виде трещинно-жильного оксида урана.

В 1979 г. комплексными аэрогеофизическими исследованиями, в том числе с применением электромагнитного метода VLF, были откартированы проводящая структура субширотного простирания и радиометрическая аномалия. Вкрест простирания этой структуры были пробурены 20 скважин, которые углублялись в фундамент не более чем на 25 м. В процессе возобновившихся через 10 лет поисковых работ, по результатам метода переходных процессов (TDEM) была подтверждена субширотная проводящая структура. В дальнейшем скважина EN-20 вскрыла тектонические нарушения и изменения в песчаниках, но повышенной радиоактивности она не зафиксировала. Проект «заморозили» еще на 10 лет, и только в 2006 г. повторный каротаж старых скважин, литогеохимические исследования и гиперспектральный анализ глинистых минералов по старому керну подтвердили наличие здесь окolorудной минерализации. Последующие дополнительные многочисленные аэроэлектроразведочные работы с учетом данных изучения окolorудных изменений позволили наметить участки буровых работ. В 2008 г. бурением была вскрыта Западная зона месторождения Roughrider, в 2009 г. — Восточная, в 2011 г. — Дальневосточная.

*Месторождение J zone (по материалам отчетов компании Fission Energy Corp.)*

Запасы месторождения J zone составляют 5,8 тыс. т при содержании 1,7 %  $U_3O_8$ . Объект располагается в единой протяженной графитсодержащей проводящей

структуре, контролирующей месторождение Roughrider, в 1 км западнее него (рис. 4). Рудные тела месторождения J zone локализуются на глубинах 195–230 м в нескольких метрах ниже границы несогласия в графитсодержащих пелитовых гнейсах, а также, отчасти, в зоне ССН и породах чехла. Мощность осадочного чехла на месторождении варьирует от 195 до 300 м. Месторождение простирается на 700 м в субширотном направлении при максимальной ширине 70 м и мощности 25 м. Околорудные изменения представлены гематитом и лимонитом. В песчаниках наблюдаются ореолы глинистых изменений, причем вблизи оруденения преобладает иллит, а вдали — диккит. Широко развиты зоны с выщелоченным кварцем, реже — с темно-зеленым хлоритом. Богатые руды представлены массивным уранинитом и коффинитом. Бедное урановое оруденение встречается в виде вкрапленностей оксидов урана, силикатов, ванадатов и арсенатов.

История открытия месторождения J zone напрямую связана с открытием месторождения Roughrider. Как отмечалось ранее, западная часть месторождения Roughrider была обнаружена в 2008 г., а в 2010 г. было открыто месторождение J zone.

*Месторождение Phoenix [9, 13]*

Запасы месторождения Phoenix составляют около 27,1 тыс. т при среднем содержании 19,1 %  $U_3O_8$ . Оно располагается в зоне ССН и контролируется крупным взбросовым нарушением северо-восток — юго-западного простирания, развитым по графитсодержащим пелитовым гнейсам (рис. 4). Мощность осадочного чехла, сложенного песчаниками и конгломератами, над месторождением составляет более 400 м. В пределах рудного поля отмечаются секущие породы чехла дайки диабазов группы Mackenzie.

Месторождение представлено тремя главными рудными телами, протягивающимися с северо-востока на юго-запад. Протяженность каждого из них — первые сотни метров; ширина — первые десятки метров, мощность — первые метры. Незначительное количество оруденения приурочено к мелким зонам трещиноватости в фундаменте. Околорудные изменения в песчаниках представлены окварцеванием и десиликацией, а также дравитизацией, каолинизацией, хлоритизацией и иллитизацией. Кроме того, в песчаниках и в породах фундамента присутствуют гематит и кварцевые друзы. Богатое урановое оруденение связано с зонами гематитизации. Наиболее широко в песчаниках проявлены глинистые изменения, развитые на несколько сотен метров от руды. Местами отмечаются трещины, заполненные графитом.

Руды месторождения сложены уранинитом и настураном совместно с сульфоарсенидами никеля-кобальта и сульфидами свинца-меди.

В 1978 г. в пределах территории, где в настоящее время выявлены месторождения Phoenix и Gryphon, была проведена электромагнитная съемка, по результатам которой установлено несколько проводящих зон. С 1985 по 1988 г. здесь пробурена серия скважин, в том числе в пределах проводящей структуры, где в

дальнейшем было выявлено месторождение Gryphon. Они вскрыли интенсивные изменения в песчаниках, а также интервалы с кондиционными параметрами, в том числе с содержанием 0,79 %  $U_3O_8$  на мощность 5,7 м. В 1998 г. на площади, где через 10 лет будет обнаружено месторождение Phoenix, из-за наличия пустот выщелоченного кварца в песчаниках, на которые в то время не обращали внимания, остановлены две скважины. В 1999 г. одной из скважин вскрыт нарушенный графитовый горизонт с обширными дравитовыми изменениями в песчаниках. В 2001 г. для заверки проводника над еще не найденным месторождением Gryphon была установлена обширная зона структурных нарушений в песчаниках в 40 м выше границы несогласия. В 2003 г. пробурено 60 неглубоких скважин. Одна из скважин из-за наличия пустот десиликации и интенсивных глинистых изменений остановлена на отметке 364 м, всего в 90 м от скважины, открывшей в последующем месторождение Phoenix. В 2007 г. были проведены комплексные электроразведочные работы методами сопротивлений на постоянном токе с установкой Titan 24, вызванной поляризации и магнитотеллурики. В результате была оконтурена область высокоомных пород, отвечающая кварцитовому горизонту, а также два минимума значений удельного сопротивления там, где предыдущие скважины были остановлены из-за аварии в песчаниках. В 2008 г. скважина WR-249 вскрыла рудные тела месторождения Phoenix. В 2014 г. скважина WR-556 в 200 м ниже границы несогласия вскрыла оруденение месторождения Gryphon со средним содержанием 15,33 %  $U_3O_8$  на мощность более 4,0 м. По последним данным компания Denison Mines не исключает возможность обработки месторождения Phoenix способом скважинного подземного выщелачивания.

#### *Месторождение Gryphon [13]*

Его запасы составляют 22,5 тыс. т при среднем содержании 1,8 %  $U_3O_8$ . Месторождение расположено в 3 км на северо-запад от месторождения Phoenix. Месторождение Gryphon локализовано преимущественно в породах фундамента в пегматитах, кварцитах и графитосодержащих метапелитах и контролируется многочисленными разломами, в том числе сбросового типа (рис. 4). Месторождение состоит из многочисленных параллельных крутопадающих удлиненных линз, залегающих субсогласно породам фундамента. Главное рудное тело расположено на глубине 720 м ниже дневной поверхности и примерно на 220 м ниже границы ССН. Небольшая часть оруденения сконцентрирована в зоне ССН. Мощность песчаников осадочного чехла в пределах месторождения варьирует от 480 до 540 м. Ближайшие к руде изменения представлены глинистой минерализацией, дравитом и отчасти друзовым кварцем, на удалении от руды проявлены хлоритизация и серицитизация. Отмечаются также зоны десиликации и гематитизации. Руды месторождения сложены оксидом урана, отчасти браннеритом и коффинитом, а также включениями вторичной минерализации — карнотита и уранофана.

После того как в 2008 г. было обнаружено месторождение Phoenix на смежных территориях продолжились ГРП с применением бурения. В 2014 г., как отмечалось выше, было обнаружено месторождение Gryphon.

#### *Месторождение Fox Lake [4]*

Запасы месторождения составляют 26,2 тыс. т при содержании 6,78 %  $U_3O_8$ . Оруденение располагается в песчаниках над графитосодержащими пелитами фундамента, вдоль которых развит сбросо-сдвиг (рис. 4). Рудные тела месторождения локализируются в песчаниках непосредственно над зоной ССН. Они представлены двумя удлиненными рудными залежами размером 650 × 40 и 500 × 60 м. На месторождении также выявлено оруденение, которое располагается в 120 м выше по разрезу от зоны несогласия. Рудные тела над зоной ССН сопровождаются ореолами изменений. Вблизи рудных тел они сложены прожилковым и пятнистым пиритом, покрывающим кристаллы кварца, а также выделениями дравита. В рудных телах и вблизи них отмечаются пустоты выщелачивания, выполненные сажистым пиритом и кварцем. На участках с высоким содержанием сульфидов распространены розовые «цветки» вторичного эритрита. На удалении от рудных тел отмечается объемное осветление пород, обусловленное глинистыми минералами в ассоциации с вкраплениями пирита. Урановое оруденение представлено несколькими морфологическими разновидностями уранинита: массивным, субмассивным, трещинно-жилковым, ноздреватым и пузырчатым. Наряду с уранинитом в рудах присутствуют сульфиды и сульфидоарсениды Co-Ni.

В 2007 г. после проведения электромагнитной съемки была обнаружена проводящая зона С-10. Эта структура стала главным объектом последующего бурения, по результатам которого скважина REA-107 вскрыла урановую минерализацию. В 2008 г. в 120 м выше границы несогласия было обнаружено «приподнятое» рудное тело. В 2011 г. в скважине REA-125 было получено первое рудное пересечение в контуре месторождения. Продолжавшееся бурение с шагом 100 м между скважинами вдоль проводящей зоны С-10 позволило в 2013 и 2014 гг. обнаружить вблизи зоны ССН соответственно Западное и Центральное рудные тела с богатыми содержаниями урана.

#### *Месторождение Triple R (по материалам отчетов компании Fission Uranium Corp.)*

Его предварительно оцененные запасы составляют 39,4 тыс. т при среднем содержании 1,78 %  $U_3O_8$ . Месторождение располагается не в восточной части впадины Атабаска, как все вышеописанные объекты, а в ее юго-западном обрамлении, в пределах зоны Patterson Lake (рис. 1). Урановое оруденение локализовано в фундаменте, преимущественно в графитосодержащих пелитовых гнейсах, отчасти в безграфитовых гнейсах и метабазитах (рис. 4). Их несогласно перекрывают современные озерно-ледниковые отложения мощностью десятки метров. Рифейские песчаники на этой части территории отсутствуют. Рудные тела пред-

ставляют собой серию крутопадающих линз, которые локализируются в пределах зон пластических деформаций. Богатое оруденение обычно тяготеет к контакту графитсодержащих и окварцованных пелитовых гнейсов. Оно сопровождается ржавой пузырчатой лимонитизацией, а также розовато-красной гематитизацией. Более широко проявлены кварц-хлорит-турмалиновые изменения. За пределами рудных тел отмечаются ореолы интенсивных изменений в виде судонита и каолинита. Кроме того, вдоль южного контакта графитсодержащих пелитовых и полупелитовых гнейсов развита обширная зона окварцевания.

Оруденение в фундаменте представлено вкрапленным и трещинно-жильным типами, а также субмассивными и массивными рудами и почками. Среди урановых минералов преобладает уранинит с подчиненными количествами коффинита и браннерита. Урановая минерализация в песчаниках обычно наблюдается в виде тонкой вкрапленности и пузырьков.

В 1977 г. в пределах рассматриваемой территории была выявлена радоновая аномалия размером 1,2×1,7 км, совпавшая с радиометрическими и почвенными аномалиями. Наземной электромагнитной съемкой была выделена протяженная проводящая зона, проходящая через середину оз. Patterson Lake. На его западном берегу была пробурена скважина CLU-12-79, которая выявила сульфидно-графитовый проводник с аномальными содержаниями U, Cu и Ni, а также изменениями в виде гематитизации и хлоритизации. Однако никаких последующих работ здесь не проводилось. С 2009 по 2011 г. по результатам комплексной аэрогамма- и радоновой съемки были выявлены интенсивные аномалии, совпавшие с аномалиями 1970-х годов. Кроме того, было изучено 89 аэrorадиометрических аномалий и обнаружено большое количество радиоактивных валунов. Это валунное поле к 2012 г. имело размер 7,35×1,0 км. Позже по результатам электромагнитной съемки VTEM были выявлены многочисленные проводники, в том числе в 4 км северо-восточнее валунного шлейфа. Геоморфологический анализ показал, что высокорadioактивный валунный шлейф сформировался в результате движения ледника с северо-востока на юго-запад. Исходя из этого, северо-восток территории стал объектом последующего изучения. В то же время наличие проводников в чехле не позволяло точно определить положение проводников в фундаменте и затрудняло выбор участков для дальнейшего бурения. Однако проведение дополнительной наземной низкочастотной электромагнитной съемки позволило решить эту проблему, и дальнейшее бурение (скважина PLS12–22) привело к открытию урановых руд месторождения Triple R.

*Месторождение Arrow (по материалам отчетов компании NexGen Energy)*

Предварительно оцененные запасы месторождения составляют 106,3 тыс. т при среднем содержании 3,09 %  $U_3O_8$ . В региональном плане месторождение находится там же, где и Triple R — на юго-западной окраине бассейна Атабаска, в пределах зоны Patterson

Lake. Рифейский чехол на месторождении имеет мощность первые десятки метров (рис. 4). В то же время мощность современных озерно-ледниковых отложений над ним, как правило, достигает 100 м. Рудные тела, представляющие собой многослойные жилы, чечевицеобразные линзы, располагаются исключительно в породах фундамента в нескольких десятках метров ниже зоны ССН. Мощности таких рудных тел достигают десятков метров. Оруденение локализуется в пределах зоны шириной около 300 м и общей длиной около 1000 м. Зона имеет вертикальный размах более чем на 750 м. Урановое оруденение тяготеет к графитсодержащим пелитовым гнейсам, вдоль которых развиты древние милонитовые швы северо-западного направления, неоднократно активизированные в более позднее время с образованием параллельных сдвиговых структур. Рудные линзы и жилы, так же, как и разрывные нарушения, имеют субвертикальную ориентировку и простираются согласно слоистости пород фундамента. Изменения пород, проявленные на месторождении Arrow, представлены: кварц-серицит-хлорит-иллитовой минерализацией, образующей широкие ореолы ярко-белого цвета; кирпично-красной гематитизацией, ассоциирующей с урановым оруденением; повсеместно развитыми на месторождении друзами-жилами кварца, нередко с турмалином; жильной дравитизацией, размер и количество которой увеличивается по мере приближения к урановому оруденению. На месторождении Arrow установлено два типа урановой минерализации — жилы и брекчия, состоящие из массивного уранинита, и вкрапленный «червеобразный» тип, представленный мельчайшими кристаллами уранинита и выделениями коффинита.

С 1980 по 1982 г. в пределах зоны Patterson Lake было пройдено 13 скважин. В некоторых скважинах было выявлено повышение радиоактивности и типичные окolorудные изменения. С 2005 по 2008 г. проведена аэроэлектромагнитная съемка (MegaTEM и VTEM), по результатам которой были закартированы многочисленные электромагнитные аномалии, завершенные в 2008 г. наземной съемкой. В 2013 г. методом сопротивления на постоянном токе были установлены перспективные зоны проводимости в фундаменте. В том же году по результатам наземной гравиметрической съемки, проводимой по сети 200×50 м, выявлены многочисленные отрицательные локальные аномалии силы тяжести, которые интерпретировались, как области развития интенсивных окolorудных изменений глинистого типа. Эти аномалии, трассируемые зонами повышенной электропроводности, явились объектами дальнейшего поискового бурения. К октябрю 2013 г. на площади пройдено 13 скважин объемом около 3 тыс. пог. м, в 11-и из которых были развиты глинисто-слюдистые изменения и гематитизация. В одной скважине было установлено урановое оруденение мощностью 4 м с содержанием 0,031 %  $U_3O_8$ . В 2014 г. одна из скважин на глубине 207,5 м вскрыла урановое оруденение месторождения Arrow с содержанием 0,092 %  $U_3O_8$  на мощность 24,5 м. На тот момент вре-



мени в радиусе 4 км не было пробурено ни одной скважины. В дальнейшем на месторождении скважиной AR-14-30 было вскрыто лучшее рудное пересечение в истории впадины Атабаска мощностью 46 м с содержанием 10,3 %  $U_3O_8$ .

В 2015 г. в 3,7 км к северо-востоку от месторождения Aggow вдоль проводящей зоны Patterson Lake обнаружено рудопроявление Bow. Его открытие было сделано путем проходки скважин в месте пространственного совпадения проводника, выявленного по данным ВТЕМ, с аномалиями радона в водных источниках. В 2016 г. в 4,7 км к северо-востоку от Aggow вдоль этой же структуры обнаружен объект Harpoon Discovery. Еще севернее обнаружено рудопроявление Spitfire, включающее десятиметровый интервал с содержанием 10,3 %  $U_3O_8$ , в том числе 53,3 %  $U_3O_8$  на 1,3 м, а также проявления Hornet и Dragon, где были выявлены слабые повышения радиоактивности с интенсивными гидротермальными изменениями. В 2017 г. в 400 м южнее месторождения Aggow, на продолжении рудоносной структуры скважинами был выявлен объект South Aggow, где вскрыты многочисленные пересечения, в том числе интервал с рудной минерализацией мощностью 41 м, включающий 6,21 %  $U_3O_8$  на 3,5 м. В настоящее время зона Patterson Lake вмещает как минимум 8 объектов на протяжении около 20 км. Очевидно, что рудный потенциал этой структуры еще далеко не исчерпан.

Анализ и обобщение геологических материалов и данных, освещающих историю открытия месторождений типа «несогласия» во впадине Атабаска, обнаруженных после 2000-х годов, позволяют сделать следующие выводы:

1. Канадские месторождения типа «несогласия» — это объекты, состоящие из рудных тел, размеры которых не превышают десятки и первые сотни метров. При этом они имеют скрытый характер залегания, располагаются под чехлом современных озерно-ледниковых отложений и рифейских песчаников, суммарная мощность которых варьирует от первых десятков до 800 м. В России схожие скрытые месторождения, но малые по масштабам, выявлены в обрамлении Сибирской платформы и на Балтийском щите.

2. При проведении поисковых работ зарубежные геологи неукоснительно следуют принятой прогнозно-поисковой модели. Несмотря на частые неудачи, они упорно возвращаются к ранее обнаруженному проводнику — главному элементу этой модели. Для отечественных месторождений типа «несогласия» имеются исключительно предварительные поисковые модели или макеты, степень достоверности которых невысока. Разработка прогнозно-поисковых моделей является одной из главных задач отечественной урановой геологоразведки.

3. Территории опоискования во впадине Атабаска, на которых открыты месторождения в 2000-х годах, стали объектами ГРП еще в 1960–1980-е годы. Количество поисковых заданий на одной площади могло достигать 5, 7 и более, а нередко поисковые работы велись непрерывно на протяжении десятков

лет с большими объемами бурения. Несмотря на это, спустя 30–40 лет после начала первых ГРП, с начала 2000-х годов во впадине Атабаска ежегодно открываются новые месторождения. Российские геологи уже на стадии выделения перспективных площадей на тип «несогласия» нередко бракуют территории с относительно высокой буровой изученностью, забывая о том, что месторождения этого типа представляют собой глубокозалегающие рудные тела небольших размеров.

4. Главными поисковыми методами являются многочисленные модификации электроразведки, преимущественно в аэроварианте. При этом, если какой-то электроразведочный метод не приносит результата, разрабатывается его модификация, которая успешно выявляет проводники — объекты последующих ГРП. Попутно осуществляются другие методы: аэрогамма-съемка, гравиметрия, минералогические исследования (гиперспектральные и др.), геоморфологический анализ и т.д., нацеленные на выявление и изучение зон околорудных изменений, радиоактивных и лито-геохимических аномалий. Эти работы, как правило, предваряются ревизией некогда перспективных площадей и участков, в том числе с изучением старого керна. На перспективных площадях в России, так же, как и в Канаде, электроразведочные технологии активно применяются на стадии поисков, а новые методы и методики перед проведением ГРП в последнее время проходят предварительную апробацию на отечественных эталонных объектах скрытого типа.

5. Очередное поисковое задание в бассейне Атабаска всегда начинается с опережающих аэроэлектроразведочных работ, а одна и та же перспективная площадь может быть закрыта многократно электроразведочной съемкой. При этом, если площадь отвечает рангу рудного узла (сотни км<sup>2</sup>), зарубежные компании, несмотря на значительный ее размер, проводят детальные аэрогеофизические исследования масштаба 1:10 000. С точки зрения отечественной геологоразведочной практики проведение поисковых работ масштаба 1:10 000 на таких крупных площадях — ранга рудного узла и, в некоторых случаях, района — является нарушением методики ГРП.

6. В процессе опоискования перспективных территорий впадины Атабаска скважинами нередко вскрываются отдельные рудные тела, но не всегда при последующем бурении они переходят в разряд месторождений. В некоторых случаях только спустя 6–10 лет после выявления первого перспективного пересечения удается обнаружить месторождение. В России сроки проведения всего комплекса поисковых работ, включающие написание проекта и окончательного отчета, составляют 3 года.

7. Зарубежные компании на практике никогда не соблюдают стадийность ГРП и не планируют на перспективу методы, направление сетей и шаг геолого-геофизических исследований. Они действуют исходя из полученных на текущий момент времени результатов. Постановка каждой скважины определяется конкретными, актуальными на данный момент вре-

мени геолого-геофизическими данными. В России же в проекте ГРП предусматриваются виды и объемы работ, а также последовательность их реализации на весь период поисковых работ.

На территории России поисковые работы на уран на тип «несогласия» осуществлялись и осуществляются эпизодически. Поиски таких месторождений в настоящее время предваряются детальными прогнозными исследованиями с выделением площадей, разработкой геолого-поисковой модели, а также апробацией и внедрением эффективных методов. Решением этих задач активно занимаются отраслевые НИИ, подведомственные Роснедра, при поддержке академических институтов и производственных организаций. В то же время, некоторые методические подходы, используемые при отечественной организации ГРП, противоположны подходам, используемым при организации поисковых работ во впадине Атабаска, и оказывают негативное влияние на результаты поисков.

Решить вышеперечисленные, преимущественно организационные проблемы возможно было бы путем привлечения к поискам урана юниорных компаний, но, к сожалению, сложное и противоречивое российское законодательство в сфере ГРП, добычи и переработки урана, приумноженное на низкие цены на этот металл, отпугивает юниоров. В этой связи оптимальный вариант решения проблем поисков скрытых месторождений урана, а также других видов ТПИ, обусловлен введением в стадийность ГРП новой стадии опережающих поисков или прогнозно-минерагенических работ на площадях ранга рудного узла — рудного района. Причем эти ГРП всегда должны предваряться камеральными прогнозными исследованиями, ревидионными и опытно-методическими работами. Последние необходимо проводить хотя бы на типовых скрытых рудопроявлениях и малых месторождениях. Сами прогнозно-минерагенические работы должны осуществляться в течение 4–5 лет с привлечением значительного объема опережающих аэрогеофизических исследований масштаба 1:10 000 с последующим проведением на выделенных локальных участках небольших объемов наземных геолого-геофизических работ и заверочного бурения. Планирование ГРП должно быть гибким, с возможностью оперативного корректирования видов и объемов работ, направления сетей и шага исследования. Открытие месторождений типа «несогласия», в связи с их скрытым характером и малыми размерами, — весьма сложная задача, которая требует не только профессионального подхода и высокой организации, но и невозможна без таких человеческих качеств, как упорство и вера в конечный результат.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Alexandre, P.* Formation and Evolution of the Centennial Unconformity-Related Uranium Deposit in the South-Central Athabasca Basin, Canada / P. Alexandre // *Economic Geology*. — 2012. — Vol. 107. — pp. 385–400
2. *Carlson, W.R.* Heavy Minerals in Soils from the Athabasca Basin and the Implications for Exploration Geochemistry of Uranium Deposits at Depth / W.R. Carlson // Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 2016.

3. *Cloutier, J.* The Millennium Uranium Deposit, Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada / J. Cloutier et al.: An Atypical Basement-Hosted Unconformity-Related Uranium Deposit *Economic Geology*. — 2009. — V. 104. — pp. 815–840.
4. *DeDecker, J.* Alteration and Mineral Paragenesis of the McArthur River and Fox Lake Uranium Deposits, Athabasca Basin / J. DeDecker: A New Model for the Formation of Unconformity-Related Uranium Deposits, 2019.
5. *Geological Classification of Uranium Deposits and Description of Selected Examples. Clay-bound: The Tamarack deposit (Canada).* IAEA-TECDOC-1842. IAEA, Vienna, 2018. — pp. 227–231.
6. *Jefferson, C.* Empirical Models for Canadian Unconformity-Association Uranium Deposit / C. Jefferson, D. Thomas, D. Quirt // Fifth Decennial International Conference of Mineral Exploration, 2007.
7. *Kyle, R.* Regional Setting and General Characteristics of the Centennial Unconformity-related Uranium Deposit, Athabasca Basin, Saskatchewan / R. Kyle et al. // *GeoCanada 2010 — Working with the Earth*.
8. *Kyle, R.* Regional Setting, Geology, and Paragenesis of the Centennial Unconformity-Related Uranium Deposit, Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada / R. Kyle et al. // *Economic Geology*. — 2013. — Vol. 109. — pp. 539–566.
9. *Michael James Power, B.Sc. (Hons).* Geochemical surface expression of the Phoenix and Millennium uranium deposits, Athabasca Basin, Saskatchewan, Ottawa, Canada, 2014.
10. *Powell, B.* Advances in Geophysical Exploration for Uranium Deposits in the Athabasca Basin. Ore Deposits and Exploration Technology. Proceedings of Exploration 07: / B. Powell et al. // Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Edited by B. Milkereit, 2007. — p. 771–790.
11. *Roy et al.* Millennium deposit — basement-hosted derivative of the unconformity uranium model. Uranium production and raw materials for the nuclear fuel cycle — Supply and demand, economics, the environment and energy security / Roy et al. // Proceedings of an international symposium, Vienna, 20–24 June 2005. IAEA-CN-128, pp. 111–121.
12. *Surface Geochemical Study over the Centennial Uranium Deposit.* Uravan Minerals Inc. (Uravan), 2013
13. *Zenghtia, Li.* Synchronous egress and ingress fluid flow related to compressional reactivation of basement faults: the Phoenix and Gryphon uranium deposits, southeastern Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada. *Mineralium Deposita* / Li. Zenghtia et al. // *International Journal of Geology, Mineralogy, and Geochemistry of Mineral Deposits*. — V. 53. — N. 2. — 2018.
14. *Intelligence Uranium.* How Saskatchewan remade uranium mining. Basov V, 016. Интернет-ресурсы. <https://www.mining.com//Energy>
15. *World Distribution of uranium deposits.* Интернет-ресурсы. <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/magate-publikuet-inalnuyukartu-mirovyh-zapasov-urana>.

© Коллектив авторов, 2021

Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin@vims-geo.ru  
Рогожина Марина Алексеевна // rogojina@vims-geo.ru  
Ржевская Анна Кирилловна // rzhevskaya@vims-geo.ru  
Чистякова Ирина Евгеньевна // chistyakova@vims-geo.ru

УДК 553.982.2

Доценко В.В. (ГКНУ «АН ЧР»), Бачаева Т.Х. (ФГБУН «КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН»)

#### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В ЗЕМНОЙ КОРЕ

В статье рассмотрены основные этапы развития нефтегазовой геологии, ее достижения и некоторые проблемы. Приведены общие закономерности размещения локальных, глобальных и региональных скоплений нефти и