

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ УРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГУМИДНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛИ

Рассмотрены закономерности размещения и генезис поверхностных урановых месторождений гумидной климатической зоны США, Великобритании, Швеции и России. Приведены рекомендации по их дальнейшему изучению.

Ключевые слова: *гумидная зона, поверхностные месторождения, торфяники, уран.*

The genesis and regularities of location of the surface of uranium deposits of humid climate zone of the USA, Great Britain, Sweden and Russia are discussed. The recommendations are given for further study.

Keywords: *humid climatic zone, surface deposits, peat, uranium.*

Поверхностные урановые месторождения широко развиты на всех континентах, в различных климатических зонах и представлены тремя рудоформационными типами в связи с торфяниками, калькретами, латеритами (рис. 1). Основные процессы, управляющие осаждением урана в поверхностных условиях, — восстановление, сорбционные процессы, распад ураниловых комплексов, изменения окислительно-восстановительного потенциала рудообразующих систем, испарение поверхностных и грунтовых вод, изменение парциального давления растворенного углекислого газа, изменение pH, коллоидное осаждение и смешивание двух и более типов поверхностных и грунтовых вод. В рудообразовании могут принимать активное участие один или несколько процессов.

Поверхностные урановые месторождения могут формироваться при следующих условиях:

- имеется источник рудоформирующих элементов;
- климат способствует мобилизации и отложению урана;
- состав вмещающих отложений способствует осаждению элемента;
- вмещающие породы, в которых может образоваться руда, находятся в зоне латерального движения грунтовых вод или их разгрузки, характеризующейся колебаниями уровня грунтовых вод, или в области, имеющей внутренний дренаж.

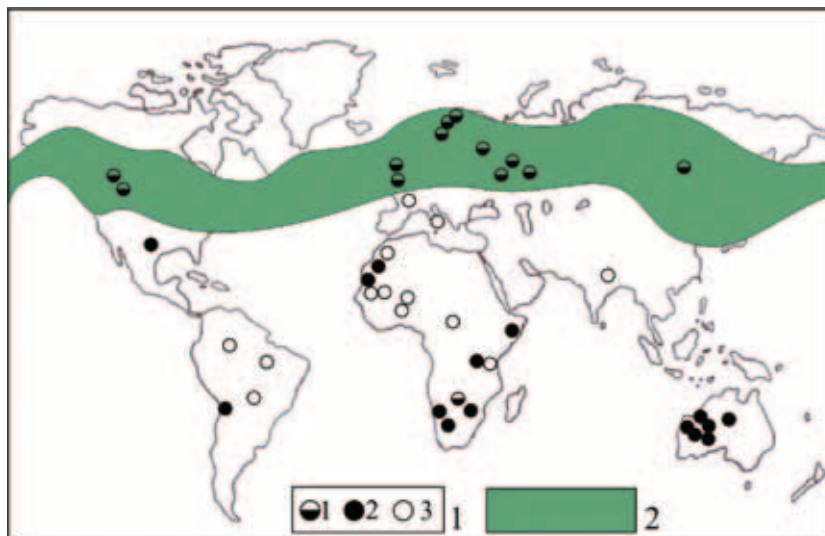
Поверхностные месторождения урана формируются в пределах трех основных морфологических форм рельефа: закрытые бассейны, в которые происходит сброс поверхностных и грунтовых вод после прохождения области сноса; линейные впадины, характеризующиеся латеральным движением грунтовых вод (современные и древние системы речного дренажа); линейные зоны, характеризующиеся вертикальным движением грунтовых вод и колебанием уровня вод (разломы).

Климат непосредственно не определяет, будет ли формироваться месторождение, но он определяет,

какой именно тип уранового месторождения будет формироваться. При умеренно холодном климате гумидной зоны почти обязательным для возникновения значительного скопления урана является наличие больших концентраций органических веществ в потенциальной рудоформирующей обстановке. На основании ранее проведенных исследований [1] сделан вывод о том, что экономический потенциал поверхностных месторождений урана уменьшается в зависимости от климата: жаркого засушливого, полусушливого, умеренно холодного, умеренного, тропического. Эта последовательность также определяет увеличение скорости осадкообразования и уменьшение концентрации урана в гидросфере.

В Российской Федерации поверхностные урановые месторождения располагаются исключительно в гумидной климатической зоне. Масштаб поверхностного уранового оруденения в гумидных районах США, Швеции и Великобритании колеблется от 100 кг и более урана, содержащегося в тонком слое обогащенных органикой почв вблизи ураноносного родника, до  $\approx 500$  т в минерализованных долинных осадках. Содержание урана в ураноносных торфах Швеции от сотых долей до 3,0 % (в расчете на сухое вещество) определяется концентрацией металла в «местных» грунтовых и поверхностных водах и количеством органического вещества в осадках.

Морфология поверхностных урановых месторождений гумидной зоны контролируется формой тел пологозалегающих близповерхностных осадочных отложений. В плане преобладают два морфологических типа: вытянутые, иногда извилистые тела, связанные с русловыми или долинными осадками, и неправильные яйцевидные залежи, связанные с озерными и плайевыми осадками. Основными породами-источниками урана для поверхностных урановых месторождений гумидных районов являются высокорadioактивные граниты, урансодержащие осадочные породы и в меньшей степени метаморфические породы.



**Рис. 1. Схема размещения поверхностных месторождений мира**

1 – торфяники и обогащенные органическими остатками озерно-аллювиальные отложения (1); калькреты (2); латериты и железные шляпы (3); 2 – гумидная климатическая зона Земли

Большая часть крупных поверхностных месторождений урана располагается вблизи пород-источников, обогащенных ураном (значительно выше 5 г/т). Многие рудные объекты сформировались в тех местах, где граниты и другие породы, возможно, характеризуются средними (от 1 до 5 г/т) содержаниями урана. Их образованию могут способствовать дополнительные благоприятные обстоятельства, такие как повышенная трещиноватость пород-источников или необычайно подвижная форма нахождения в них урана, гидротермально-метасоматические изменения (грейзенизация) и другие факторы. В то же время для месторождений Центральной России (центральная часть Восточно-Европейской платформы) источником урана, по-видимому, служат терригенно-осадочные породы пермского возраста, вмещающие ряд месторождений урана осадочно-диагенетического типа.

Минеральная форма урана в болотных отложениях и торфах не известна даже при концентрациях его до 2000 г/т [4]. На проявлениях Канады связь урана с органическим веществом и глинами слабая. Взаимоотношения урана с органическим веществом носят сложный характер. На урановорудных объектах или участках с признаками оруденения обнаружены уранорганические соединения. Фиксация различных уранилов лигнитом и последующее восстановление до уранинита могут осуществляться при увеличении температуры, однако изначальный процесс фиксации происходит от окислительных условий до окончательного восстановления [6].

Урановорудные объекты в гумидных районах отличаются нарушенным изотопным равновесием. Содержание урана, по данным химического анализа, почти всегда превышает радиометрический эквивалент. Значения коэффициента радиоактивного равновесия на ряде объектов в Канаде и западной части США от 0,05 до 0,10, что отражает в целом молодой возраст рудообразования [2]. Поиски месторождений такого типа затруднены вследствие низкой радиоактивности руд.

Наиболее приемлемые с геологической точки зрения модели позволяют предполагать, что уран отлагался в интервале от 0,1 до 0,75 млн лет назад. Большинство урановорудных месторождений гумидных районов моложе 12 тыс. лет – максимального возраста вмещающих осадков. Вероятно, процесс их формирования продолжается и в наши дни.

Экспериментальные исследования [3] дают верхний предел насыщения торфа ураном примерно 13–15 вес. % (в расчете на сухое вещество). Таким образом, хотя урановорудные объекты в гумидных районах и не велики, они могут иметь вполне сопоставимые содержания с рудами других типов разрабатываемых урановых месторождений. На благоприятных участках отмечаются «кусты» рудных объектов, располагающихся вдоль единого водотока и его притоков либо в серии сближенных водотоков.

Примером поверхностных месторождений урана могут служить месторождения штатов Вашингтон и Айдахо (США). Климат в этих районах достаточно холодный, с длинными снежными зимами и мягким летом. Район густо покрыт лесами и дренирован крупными притоками р. Колумбия. Высота рельефа от 1200 до 1500 м. Большая часть низменности покрыта ледниковыми, ледниково-аллювиальными и ледниково-озерными осадками, характеризующимися слабым дренажем. Месторождения расположены в местах, где грунтовые воды, текущие по дренажным системам низких порядков, направляются в речные долины и наталкиваются на обогащенные органическим веществом осадки, где уран выпадает из грунтовых вод. Изучение урансодержащих родников на болотах и луговинах западной части Сьерры-Невады показало, что содержание урана в этих водах после прохождения их через болотистую луговину снизилось в 10 раз [3]. Размеры месторождений и содержания в них урана меняются в зависимости от размеров «сечения» водотока и количества органического вещества; эффективности захвата урана в данной среде; объема воды, проходящей через урансодержащие породы, и уровня содержания в ней урана.

В Северо-Восточном Вашингтоне и Северном Айдахо вмещающие урановые месторождения осадки и сопутствующие отложения обычно состоят из одной или нескольких перечисленных ниже литогенетических разностей: «живая» и гниющая растительность на поверхности; торф от светло-коричневого до темно-коричневого, характеризующийся различным содержанием глинистой и песчаной составляющих; песок, содержащий значительное количество глинистой фракции и меняющий окраску от светло-серого до черного; озерный ракушечный мергель; вулканический пепел; голубая «ледниковая» глина; крупнозернистый песок и гравий. Обогащенные органикой вмещающие оруденение осадки этого района почти неизменно подстилаются ледниково-аллювиальными, ледниково-озерными осадками или выветрелыми коренными породами. Общая мощность рудовмещающих осадков от 0,1 до 10 м. Обогащенные органическим веществом осадки долин в речных системах обычно маломощные (до 3–4 м) и содержат больше обломочного материала, чем осадки озер. Торфяной материал образует здесь тонкие покровы, вытянутые вдоль оси дренажной системы долины. Вверх и вниз по течению торфяной материал кулисообразно замещается терригенными осадками и по латерали переходит в почвы. Распределение урана во всех ландшафтно-геоморфологических обстановках зависит от направления водного потока, а также от проницаемости торфа и переслаивающихся с ним осадков. В местах, где основной поток поверхностных и грунтовых вод течет вниз по осевой части долины, уран концентрируется у верхнего края долинных торфяников. На некоторых участках долины грунтовые воды поднимаются к поверхности через обогащенные органическим веществом осадки, и уран накапливается у их основания. На других участках, например на луговинах, расположенных вдоль склона долины и имеющих родниковое питание, наибольшие концентрации фиксируются у поверхности, а с глубиной содержание урана уменьшается. В этом случае ураноносные воды, поступая из родника, текут вниз по склону, а затем просачиваются через луговые отложения.

В Северо-Восточном Вашингтоне и Северном Айдахо уран обнаружен в торфе, озерном мергеле и сером и черном алевритистом песке. Максимальное содержание урана в районе около 1 % (в расчете на сухое вещество), запасы от 2 до 50 т урана.

Таким образом, в Северной Америке, по мнению ряда исследователей [2, 3], поверхностные месторождения урана различны по своим геологическим условиям и по способам накопления урана. Поверхностные месторождения урана, известные к настоящему времени, имеют следующие общие черты:

- они всегда лежат в районах, которые подстилаются интрузивными породами среднего и кислого состава;

- образуются на поверхности или в нескольких метрах от нее в результате взаимодействия грунтовых или поверхностных вод с органикой почв или осадков. Тип и характер месторождения определяются природой этих вод, способами их взаимодействия с осадками и фациальными условиями накопления последних;

- уран в осадочном материале связан достаточно свободно с процессами сорбции и ионного обмена, а потому легко повторно мобилизуется;

- уран почти не сопровождается дочерними продуктами распада, и месторождения не отличаются аномалиями радиоактивности. Исключение составляют случаи резкого поверхностного обогащения и прямого осаждения урана из природных водных источников;

- обычным спутником урана является молибден.

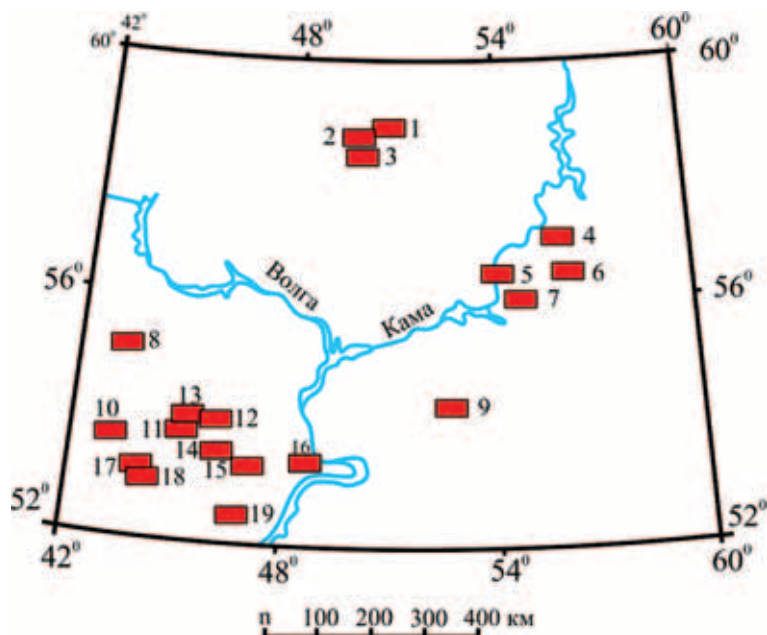
В Европе высокие концентрации урана отмечены только в торфяниках Швеции, Финляндии, России и Великобритании [6].

В Швеции широко распространены послеледниковые торфяники, сформированные за последние 8–17 тыс. лет. Установлено, что некоторые из них существенно обогащены ураном и другими металлами. Наиболее хорошо изученное проявление урана находится в торфянике Масугнсбин, в 90 км к юго-востоку от Кируны в Северной Швеции, где известно месторождение с запасами урана 24 т и средним содержанием 0,2 % в золе. Масугнсбинское торфяное болото, расположенное в 5 км к северо-западу от д. Масугнсбин, имеет площадь 600 × 200 м. Содержания урана в золе от 0,04 до 3,1 со средним значением 0,2 %. Торфяное болото отличается чрезвычайно низкой гамма-радиоактивностью и высокой степенью нарушенности радиоактивного равновесия. Исходный источник урана, по-видимому, докембрийская (свекокарельская) толща, сильно трещиноватая и слабообогатенная подвижным ураном. В водах источников содержание урана несколько граммов на тонну, а в трещинной воде от 200 до 300, максимум 1800 мг/т.

Высокие содержания урана (3,4 %) отмечены в торфяниках рядом с д. Стугун (Центральная Швеция). Водные источники в этой зоне высокордиоактивны, а коренные породы сильно обогащены подвижным ураном.

Другой район с торфяниками, обогащенными ураном, расположен среди гранитов Йарре в ≈ 50 км к западу от Йоккмokka (Северная Швеция). Здесь выявлены высокие содержания урана (от 1,1 до 3,2 %). Все они связаны с радиоактивными водными источниками. Систематический пробоотбор по вертикальным и горизонтальным профилям показал, что уран распределен в торфяном материале весьма неравномерно. Наибольшая его концентрация всегда наблюдается вблизи протекающих через болота вод, обогащенных ураном. Запасы наиболее ураноносной части болота (11 900 м<sup>2</sup>) оцениваются в 564 т [6].

В Южной Великобритании (гора Чиллингтон Брук) мелкие торфяные залежи обогащены ураном, максимальное его значение выявлено в сухом торфе (580 г/т). В торфах установлены высокие концентрации ряда других элементов, в частности ванадия, а также Ni, Co, Ba, Cu и Zn. Радиометрические значения для всей ураноносной площади (1300 × 70 м) в целом низкие (от 7 до 10 мкР/ч), подстилающие торф мергели содержат только 3 г, в то время как подземные воды до 30 мг/т урана. В северной части Великобритании повышенные концентрации урана (200 г/т) отмечены в образцах высушенного торфа из торфяников площадью (500 × 160 м), расположенных в краевых частях гранитной интрузии, прорывающих сланцы Мойне. Содержания урана, превышающие 3000 г/т, установлены в торфяниках над гранитными массивами района Хельмсдейл и др.



**Рис. 2. Схема размещения ураноносных торфяников на Восточно-Европейской платформе**

Месторождения, проявления и пункты минерализации урана поверхностного типа в связи с торфяниками: 1 – Посеговское, 2 – Каринское, 3 – Васкоинское, 4 – Красногорское, 5 – Черновская Согра, 6 – Бактемировское, 7 – Нижне-Калмашское, 8 – Тешинское, 9 – Ефановское, 10 – Вадское, 11 – Анучинское, 12 – Ильинское, 13 – Краснослободское, 14 – Айвовое, 15 – Безымянное, 16 – Тарташевское, 17 – Владыкинское, 18 – Субботинское, 19 – Бабиркинское

В Российской Федерации выявленные поверхностные урановые месторождения находятся в различных геотектонических обстановках: на Восточно-Европейской платформе, в пределах Урало-Новоземельской складчато-надвиговой системы, на Алдано-Становом щите, в Байкало-Витимской складчатой области и других районах.

Практически все выявленные урановорудные объекты Восточно-Европейской платформы, связанные с торфяниками, сосредоточены в пределах Волго-Уральской антеклизы (рис. 2). На основе анализа материалов поисково-разведочных работ на месторождениях Тешинское и Каринское авторами разработана модель их формирования:

- долгоживущее сложнопостроенное сводовое поднятие (Токмовский свод);
- аллювиальные террасы водотоков третьего порядка (р. Волга – первый порядок) с резко выраженным асимметричным поперечным профилем и с, возможно, надразломным характером формирования;
- долинные педименты четвертичного возраста;
- озерно-аллювиальные отложения, интенсивно заторфованные;
- ураносодержащая пестроцветная осадочная толща пермского возраста;
- зоны с активной гидродинамикой подземных вод;
- зоны самоизливающихся подземных вод, нередко с общей минерализацией до 3 г/кг;
- участки с радоновыми источниками;
- краевые, склоновые части локальных морфо-структурных поднятий, осложненные эрозионно-тектоническими уступами;

- низинные болота с торфами мощностью от 2 до 6 м;
- глубина формирования урановорудных залежей от 0 до 5 м;
- зольный материал торфов, содержащий ванадий, мышьяк, германий;
- радиоактивное равновесие, как правило, смещённое в сторону урана.

Собственно Тешинское месторождение урана связано с одноимённым торфяным месторождением, образовавшимся на месте старицы четвертичного возраста в пойме р. Теша, промывающей пестроцветные осадочные породы верхней и нижней перми. У южного окончания торфяника обнажаются пески и глины юрского и мелового возрастов. Тешинский торфяник объединяет шесть обособленных массивов общей площадью 30,7 км<sup>2</sup>. Средняя мощность торфов 2,1, максимальная 6 м. В пределах торфяника выделено девять ураносодержащих залежей размерами 800 × 600–300 × 300 м при мощности от 0,5 до 4,0 м (средняя 1,1 м). Суммарная площадь залежей при содержании урана 0,01 % около 3 км<sup>2</sup>. Глубина залегания рудных тел 0–5 м. Содержание урана от следов до 0,247 %. Уран сорбирован в органическом веществе. Околорудных изменений не обнаружено. В золе торфа установлены повышенные содержания германия (в среднем 20 г/т).

Месторождение урана Каринское расположено в зоне вятских дислокаций и приурочено к северо-восточной части Каринского торфяника, залегающего на аллювиальных отложениях четвертичного возраста в месте слияния Вятки и Чепца, вблизи выходов коренных пород татарского яруса верхней

перми. Рудоносная залежь длиной 3,75, шириной от 0,4 до 2,3 км и мощностью от 0,3 до 1,6 м состоит из рудных тел, имеющих линзовидную линейно вытянутую форму. Длина рудных тел 0,4–3,0 км, ширина 100–550 м, мощность 0,3–1,6 м. Содержание урана от 0,03 до 0,12 % (среднее 0,076 %). Глубина залегания оруденения 0–2 м. Урановые минералы не установлены. Уран сорбирован органическим веществом. Околорудные изменения не наблюдаются. В руде, наряду с ураном, обнаружены повышенные содержания ванадия до 0,1–0,5 и мышьяка до 0,03 %.

В пределах Урало-Новоземельской складчатонадвиговой системы поверхностное урановое оруденение приурочено к аллювиальным четвертичным отложениям современных рек Коелга, Чукса, Увелька, Каменка, Кабанка, Санарка, Уй. Наиболее крупным и изученным объектом этого типа является Санарское месторождение урана, расположенное в долине р. Санарка. Урановое оруденение локализуется в речных долинах, для которых характерен ступенчатый профиль с чередованием расширенных аккумулятивных и суженных эрозионных участков, в местах, где речные долины пересекают гранитные массивы или гранито-гнейсовые комплексы с высоким содержанием урана или зоны с убогой эндогенной урановой минерализацией. Урановая минерализация локализована в песчано-глинистых осадках, насыщенных органическими остатками нижнего неоплейстоцена, залегающих в основании разреза второй надпойменной террасы на плотике коренных пород или на корях выветривания. Рудные тела имеют линзовидную форму мощностью от 0,3–0,8 до 1,5 м и залегают на глубине 0,5–0,8 м. Руды со средним содержанием урана 0,01–0,03, редко 0,07–0,08 % представлены урановой чернью, шрекингеритом и отенитом. Эпигенетические процессы привели к обогащению ураном как аллювиальных фаций, так и гидрослюдисто-щербнистой коры выветривания.

В несколько другой геолого-структурной обстановке находятся урановые объекты поверхностного оруденения, выявленные в Северном Забайкалье. Здесь проведены в последние годы поисковые работы с оценкой прогнозных ресурсов категорий  $P_1$  и  $P_2$ . В региональном плане урановорудные объекты Сиротинка и Орогочинское находятся на стыке крупных тектонических структур – Становой СФЗ Алдано-Станового щита и Витимо-Удоканской СФЗ Селенгино-Яблоновой складчатой системы. В орографическом отношении рудопроявления размещаются в пределах Витимо-Олекминской горной страны.

В рамках проведенных совместно с ЗАО «Витимгеопрот» и ВИМС в 2012–2014 гг. работ на рудопроявлениях Сиротинка и Орогочи авторами сформулирован приводимый ниже перечень прогнозно-геологических критериев локализации поверхностного уранового оруденения.

*Территориальный (внутрирегиональный) уровень:*

– аллювиальные террасы аллювиально-солифлюкционных днищ водотоков и шлейфы позднечетвертичного возраста;

– долинные педименты средне-позднечетвертичного времени, подвергшиеся действию эрозионно-абразионных процессов;

– крутопадающие разломы, определяющие положение долин крупных водотоков в мезозойском гранитном основании и, возможно, являющиеся

основными путями выноса радиоактивных элементов из материнских пород на поверхность;

– гранитоиды амуджиканского и амананского комплексов, затронутые процессами гидротермально-метасоматических изменений, особенно грейзенизацией, среднее содержание урана в них, по данным гамма-спектрометрии, от 5 до  $15 \times 10^{-4}$  %, являющихся, возможно, источником свободного урана;

– подпрудный водоем зырянского времени;

– потоки грунтовых и поверхностных вод, определяющие направление движения свободного урана.

*Локальный уровень:*

– отложения долин водотоков второго и третьего порядков (р. Витим – первый порядок), в том числе солифлюкционные ( $sQ_{III-IV}$ ), аллювиально-солифлюкционные ( $asQ_{III-IV}$ ), аллювиальные ( $a_4Q_{III} - a_1Q_{IV}$ ) образования;

– краевые части гранитных массивов, где широко развиты разрывные нарушения в зонах экзо- и эндоконтактов с вмещающими породами;

– площадь предполагаемого развития перспективного почвенно-торфяного горизонта;

– участки с активной гидродинамикой подземных и поверхностных вод;

– тип вод нейтральный и слабощелочной, глеевый с рН 5,9–7,9, со значениями Eh от 19 до 222 мВ;

– уступы эрозионно-тектонические в пределах склоновых и водораздельных частей долин, являющиеся косвенным признаком тектонической нарушенности специализированных гранитоидов;

– ореолы повышенной радиоактивности по данным шпуровой гамма-съемки и пешеходной гамма-спектрометрии, по данным АГСМ-25, наземной заверки аэроаномалий и литогеохимического опробования;

– рудопроявления и проявления урана экзогенного и эндогенного типов, выявленные в результате поисковых работ разного масштаба.

Определение свободного урана в гранитах выполнялось в ЦАЛ ВСЕГЕИ в следующем порядке:

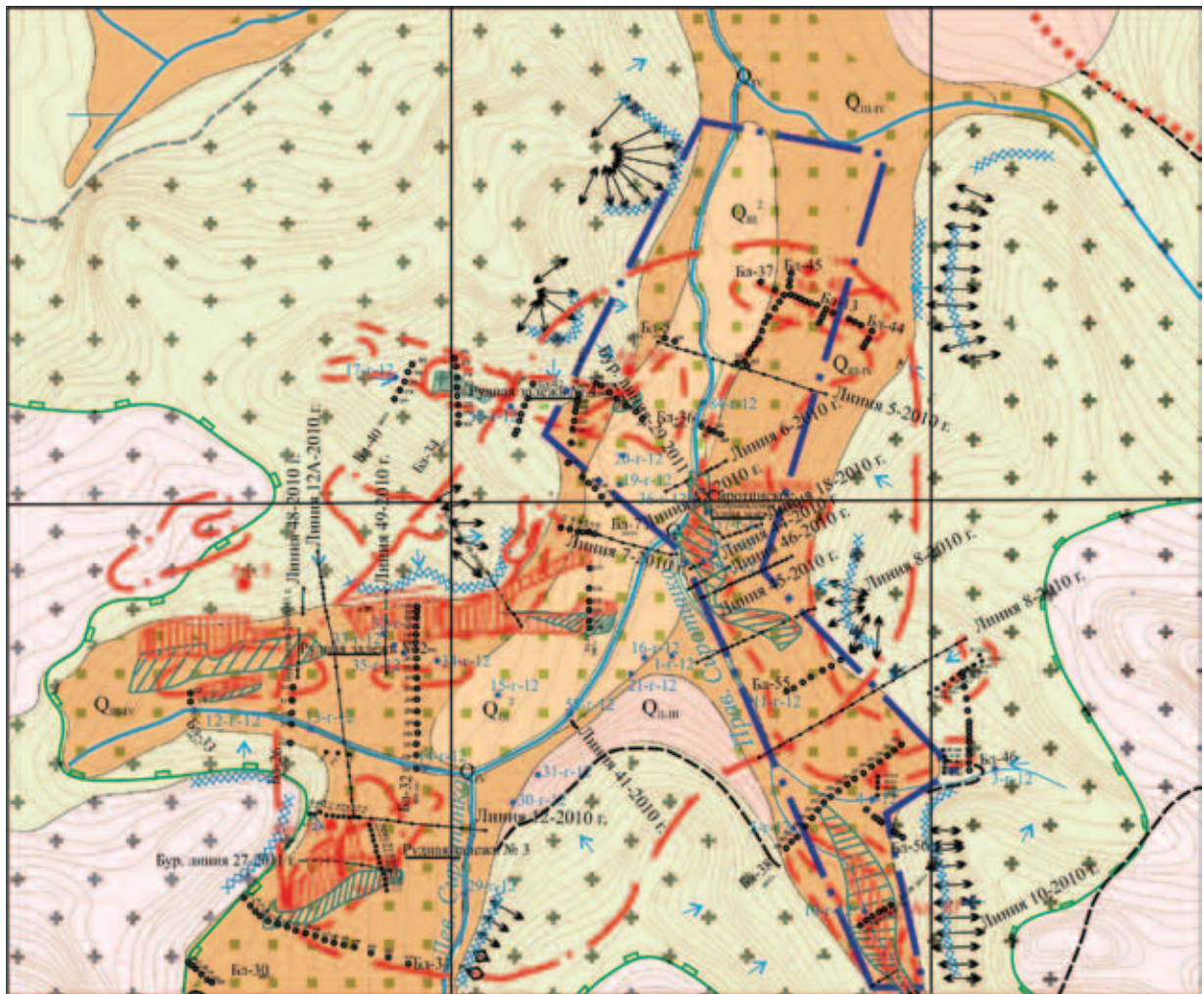
– суммарное определение урана;

– кислотные (HCl), содовые ( $Na_2CO_3$ ) вытяжки и вытяжки дистиллированной водой;

– определение содержаний подвижного урана, легко извлекаемого из породы.

В качестве растворителей для изучения степени подвижности урана и форм его нахождения использовались раствор 1N HCl (кислотная вытяжка), 5 %-ный раствор  $Na_2CO_3$  и дистиллированная вода.

Рудопроявление урана Сиротинка (рис. 3), являющееся своеобразным эталоном объектов поверхностного типа, расположено на правом берегу р. Витим в 25 км северо-восточнее п. Усть-Каренга. Профилями мелких скважин здесь вскрыта приповерхностная пластообразная рудная залежь в современных отложениях поймы и надпойменной террасы р. Правая Сиротинка. Размеры залежи  $700 \times 100$  м, средняя мощность 1,5 м, содержание урана 0,061–0,362, среднее 0,135 %. Из 180 пробуренных поисковых скважин глубиной от 5 до 11 м в 93, по данным гамма-каротажа, установлены аномальные значения радиоактивности от 200 до 1800 на фоне от 30 до 50 мкР/ч, причем максимальной радиоактивностью до 1850 мкР/ч (скв. 258) обладают верхние части коренных сильно выветренных гранитов преимущественно амуджиканского



0 200 400 600 800 м

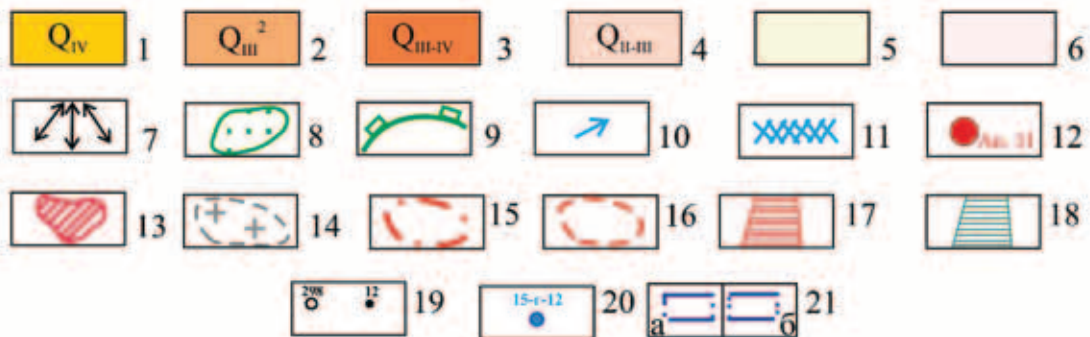


Рис. 3. Прогнозная схема рудопроявления урана Сиротинка

1 – поверхность поймы голоценового возраста, высота 0,3–3,0 м; 2 – поверхность озерно-аллювиальной террасы позднечетвертичного возраста; 3 – поверхности аллювиально-солифлюкционные днища водотоков и шлейфов позднечетвертичного голоценового возраста; 4 – поверхности долинных педиментов средне-позднечетвертичного времени, подвергшиеся действию эрозионно-абразионных процессов; 5 – склоны, созданные площадной денудацией (дефлюкционные, солифлюкционные, дефлюкционно-солифлюкционные); 6 – водораздельные пространства, сложенные дочетвертичными породами; 7 – прямолinéйные крутые склоны (уступы) тектонического происхождения; 8 – площадь предполагаемого развития перспективного почвенно-торфяного горизонта; 9 – граница распространения подпрудного водоёма зырянского времени; 10 – направление движения поверхностных вод и вод зоны аэрации; 11 – гидродинамический барьер; 12 – аэрономалии и их номера; 13 – ореолы рассеяния поверхностного урана (0,005–0,02 %), по данным литогеохимического опробования; 14 – площади развития специализированных на уран гранитоидов; 15 – ореолы повышенной радиоактивности, по данным шпуровой съемки; 16 – ореолы урана, по данным пешеходной гамма-спектрометрии; 17 – контур рудного тела с содержанием урана более 0,03 %; 18 – контур рудного тела с содержанием урана от 0,01 до 0,03 %; 19 – скважины поискового бурения разных лет; 20 – точки гидрохимического опробования и их номера; 21 – участки для постановки поисковых работ первой (а) и второй (б) очереди

интрузивного комплекса поздней юры. В вертикальном разрезе устанавливаются два типа радиоактивных аномалий.

Аномалии первого типа приурочены к верхним частям (0–2 м) пойменных отложений. Их радиоактивность 200–800 мкР/ч, а содержание урана, по данным рентгеноспектрального анализа, от 0,1 до 0,33 %. Второй тип аномалий фиксируется в дрове и обломках интенсивно выветрелых гранитов. Для них характерны значения радиоактивности от 200 до 400–1100 мкР/ч и более. Аномалии прослеживаются до глубины 8–9 м. Содержание урана от 0,002 до 0,04, реже от 0,07 до 0,1 % (скважины 202, 218). В скв. 201 установлено содержание урана до 0,2 % на интервал 4,5 м. В повышенных количествах установлены свинец до 0,006, молибден до 0,003, в единичных пробах бериллий до 0,002, цезий до 0,03%, золото до 1 г/т. Уран находится в сорбированной форме. Ресурсы урана кат. P<sub>1</sub> 750 т.

В окрестностях рудопоявления известно ещё семь ореолов урана с содержаниями 0,056–0,400 %, а в междуречье Береи и Калара число подобных объектов исчисляется десятками. На аномалии радиоактивности площадью 0,17 км<sup>2</sup> в бассейне р. Тундак содержание урана достигает 1,05 %.

По результатам работ ЗАО «Витимгеопром», в 2010 г. установлено, что урановорудная залежь на правом борту р. Сиротинка имеет линзовидную форму. Длина залежи, оконтуренной по бортовому содержанию 0,01 %, составляет 650 при ширине от 20 до 170 м. Урановое оруденение приурочено к различным уровням разреза, к самому верхнему слою рыхлых отложений (песчано-илистому материалу с органикой) с торфяниками, а также к расположенным ниже дровяно-щебнистым отложениям с органикой. Содержание урана по рудным интервалам 0,0116–0,0874 % при мощности от 1 до 6 м. В отдельных пробах содержание урана достигает 0,14 %. Для руд характерно низкое значение коэффициента радиоактивного равновесия.

Рудопоявление урана Орогочинское (рис. 4) располагается северо-восточнее рудопоявления

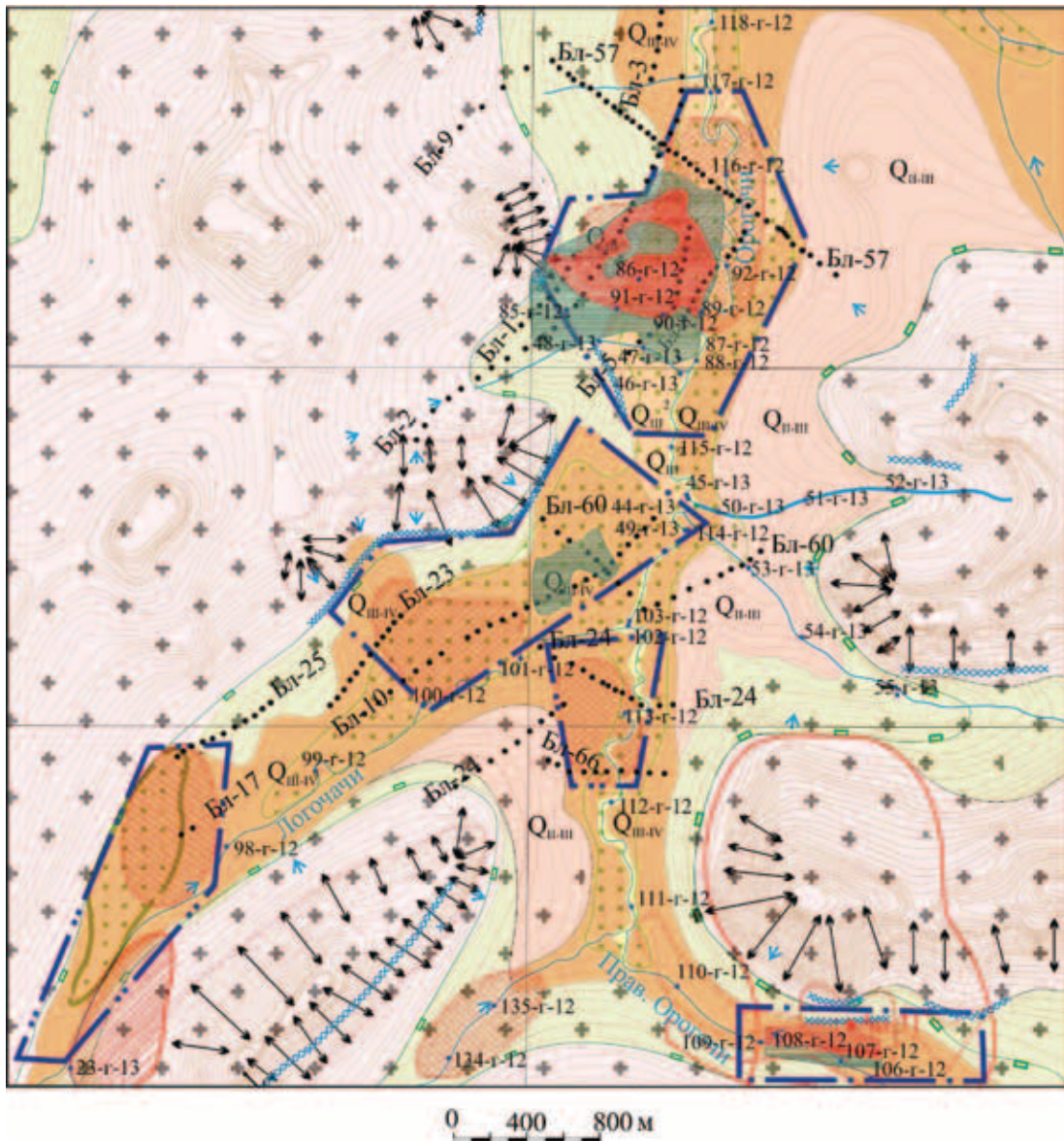


Рис. 4. Прогнозная схема рудопоявления урана Орогочинское  
Усл. обозн. см. на рис. 3

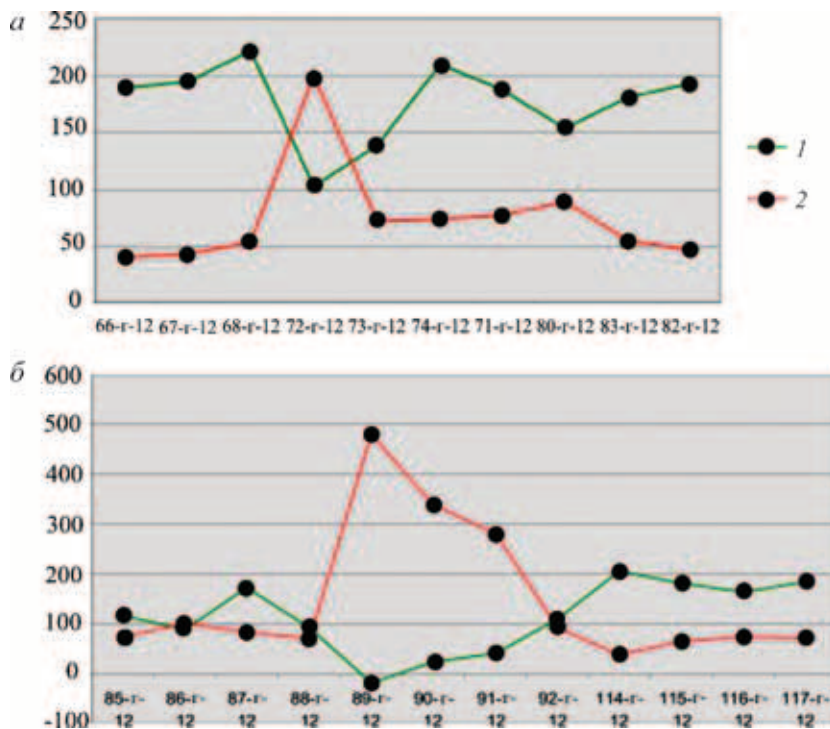


Рис. 5. График корреляции радиоактивности и Eh

а – участок Сиротинка, аномалия 52 (р. Икэнгэ); б – участок Орогочинский  
 1 – график распределения Eh (мВ); 2 – график распределения наблюдаемой радиоактивности (имп); 3 – точки гидрохимического опробования

Сиротинка, в пределах одноименного участка. Урановая залежь имеет форму, близкую к овальной, и приурочена к верхней части рыхлых отложений площади, представленных песчано-илистым материалом с органикой и торфом и залегающими глубже дресвяниками с органикой. Урановорудная залежь располагается на левом борту р. Орогоча в нижней части склона и на надпойменной террасе. Длина залежи около 1 км при ширине от 350 до 750 м, содержание урана по рудным интервалам от 0,07 до 0,52 % при мощности от 0,5 до 4 м. В отдельных пробах содержание урана достигает 1,2 %. В результате изучения технологических проб (ВИМС, 2014) впервые установлено, что уран связан в настуране, нингиоите, реже в коффините, иногда отмечаются удлинённые кристаллоподобные выделения нингиоита и губчатые округлые образования нингиоитового агрегата с повышенными содержаниями редкоземельных элементов. Минералы урана локализованы главным образом в силикатно-углеродистом аморфном веществе и между чешуйками слоистых алюмосиликатов, а «сорбенты» урана нередко «обволакиваются» углеродистым веществом гумусового состава. Значительная часть урана (по качественной оценке) содержится в безминеральной форме в полиэлементных стеклоподобных стяжениях (гелях) размером 20–70 мкм [9]. При проведении поисково-оценочных работ на рудопроявлениях Сиротинка и Орогочинское установлено [7], что повышенным значениям радиоактивности отвечают пониженные значения окислительно-восстановительного потенциала (рис. 5). Установленная зависимость подчеркивает общие закономерности образования уранового оруденения в зонах аэрации. Ресурсы урана категорий P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> 650 и 5800 т.

В 2009–2011 гг. ЗАО «Витимгеопром» проводил ревизионные работы с целью геолого-экономической и технологической оценки уранового оруденения в рыхлых отложениях речных долин на Каренгской площади. По рекомендациям предыдущих исследователей и результатам анализа геолого-геофизического материала были выбраны четыре первоочередных участка: Каренгский (рудопроявление Сиротинка), Джилinda-Сайвакский, Орогочинский и Кочковатый. Общие локализованные ресурсы урана категорий P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> 1 и 10 тыс. т. Специализированные на уран работы подтвердили возможность выявления в восточной части Витимо-Каренгского ПУРР новых поверхностных урановых месторождений, пригодных для отработки методом кучного выщелачивания, и требуют его дальнейшего изучения.

Анализ состояния минерально-сырьевой базы урана поверхностных месторождений в связи с торфяниками в гумидных областях сегодня свидетельствует об их незначительной роли. Тем не менее для России данный тип месторождений ввиду наличия многих регионов, где установлены процессы торфообразования и большинство торфяников представлено серией сближенных массивов, делает добычу экономически более выгодной. Исходя из современной изученности данного вида поверхностных месторождений, их поиск целесообразно организовать в пределах Восточно-Европейской платформы, а именно, на Токмовском и Татарском сводах, на сочленении Балтийского щита и плиты Русской платформы (Северное Приладожье, Восточное Заонежье) и в других районах России.



1. *Boyle D.R.* The Genesis of Surficial Uranium Deposits, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 45 p.
2. *Culbert R.R., Boyle D.R., Levinson A.A.* Surficial Uranium Deposits in Canada, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 179 p.
3. *Otton J.K.* Surficial Uranium Deposits in the USA, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 237 p.
4. *Otton J.K.* Surficial Uranium Deposits: Summary and Conclusions. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 243 p.
5. *Pagel M.* Petrology mineralogy and geochemistry of surficial uranium deposits. Vienna, IAEA, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 37 p.
6. *Wilson M.R.* Uranium Enrichment in European Peat Bog, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. – 197 p.

1. *Boyle D.R.* The Genesis of Surficial Uranium Deposits, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 45 p.
2. *Culbert R.R., Boyle D.R., Levinson A.A.* Surficial Uranium Deposits in Canada, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 179 p.
3. *Otton J.K.* Surficial Uranium Deposits in the USA, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 237 p.
4. *Otton J.K.* Surficial Uranium Deposits: Summary and Conclusions. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 243 p.
5. *Pagel M.* Petrology mineralogy and geochemistry of surficial uranium deposits. Vienna, IAEA, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 37 p.
6. *Wilson M.R.* Uranium Enrichment in European Peat Bog, 1984. Surficial uranium deposits, IAEA, Vienna, 1984, IAEA-TECDOC-322. 197 p.

---

*Миронов Юрий Борисович* – доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Yuri\_Mironov@vsegei.ru>

*Лебедева Галина Борисовна* – геолог II кат., ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Galina\_lebedeva@vsegei.ru>

*Пуговкин Алексей Алексеевич* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ <sup>1</sup>. <Aleksey\_Pugovkin@vsegei.ru>

*Yuri B. Mironov* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department of uranium geology and radioecology, VSEGEI <sup>1</sup>. <Yuri\_Mironov@vsegei.ru>

*Galina B. Lebedeva* – 2nd Category Geologist, VSEGEI <sup>1</sup>. <Galina\_lebedeva@vsegei.ru>

*Alexey A. Pugovkin* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, VSEGEI <sup>1</sup>. <Aleksey\_Pugovkin@vsegei.ru>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.