

*Светлой памяти
нашего коллеги, главного гидрогеолога
КП “Кировгеология”
Макаренко Николая Николаевича
посвящается*

А. А. Калашник, д-р геол. наук, профессор КЛАНУ

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЭКЗОГЕННО-ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ТИПА В САКСАГАНСКО-СУРСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Представлены новые закономерности геолого-структурных условий формирования месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа в углистой формации палеогена Саксаганско-Сурского рудного района УЩ. Рассмотрены возможные источники урановородного вещества на основе изучения закономерностей распределения урана и элементов-спутников в разновозрастных породах и зонах глубинных разломов, имеющих влияние на металлогению урана в породах осадочного чехла. Представлены уточнённые комплексы критериев и признаков среднемасштабного и крупномасштабного прогнозирования месторождений экзогенно-инфильтрационного типа в отложениях палеогена УЩ. Выполнена оценка перспектив развития промышленного потенциала уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа в Саксаганско-Сурском рудном районе УЩ. В пределах Пятихатско-Сурской площади Саксаганско-Сурского района УЩ выделены участки для специализированных поисковых работ I, II, III стадий перспективности по степени проявленности установленной благоприятной совокупности критериев и признаков промышленного уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа.

***Ключевые слова:** экзогенно-инфильтрационные месторождения урана, промышленный потенциал, тектонический фактор.*

Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями

Дефицит углеводородного сырья для многих стран мира, к которым относится и Украина, стимулирует дальнейшее развитие атомной энергетики. На сегодняшний день в крайне сложной экономической ситуации обеспечение отечественной атомной энергетики сырьем является задачей, определяющей национальную, энергетическую и экономическую безопасность Украины. Вне всякого сомнения, увели-

чение потребности экономики Украины в электроэнергии в значительной степени будет покрываться за счет роста ее выработки атомными электростанциями.

Во времена существования СССР Украина была лидером в производстве уранового концентрата. Главной её специализацией были привязанные к месторождениям с богатыми и крупными источникам сырья стадии добычи, механического и радиометрического обогащения урановородного сырья, изготовление

первичных полуфабрикатов урана. По их производству Украина ранее входила в первую десятку мировых производителей. Однако урановая отрасль Украины развивалась исключительно в рамках общесоюзного ядерно-топливного комплекса. Она во многом обслуживала не только потребности атомной энергетики, но и потребности в уране единого военно-промышленного комплекса СССР. После его распада и отказа Украины от ядерного оружия своевременно не были проведены необходимые инфраструктурные перестройки, которые могли бы позволить (в том числе и финансово!) постепенно приобрести независимость в этой сфере с учетом новых условий внутреннего и внешнего рынка. Украиной был взят курс на экспортный сбыт сырьевой или полусырьевой урановой продукции, получение ядерного топлива для атомных электростанций через “Росатом”, а отечественная урановая отрасль стала пожирать плоды вместе с ликвидацией отечественного ядерного сектора военно-промышленного комплекса. Определенную негативную роль в этом сыграла также авария на Чернобыльской АЭС и “постчернобыльский синдром”. Ситуация с созданной усилиями КП “Кировгеология” минерально-сырьевой базой урана Украины на первый взгляд выглядела вполне благополучно. С одной стороны запасы разведанных до промышленных категорий месторождений урана позволили сделать скоропалительный вывод о полной обеспеченности отечественной ядерной энергетики запасами природного урана на сто лет. Именно это, вероятнее всего, послужило основанием для принятия решения о резком сокращении финансирования специализированных на уран геологоразведочных работ в Украине [17]. При этом не было учтено, что подсчет запасов на большей части ранее открытых месторождений урана Украины осуществлялся в 80-е годы, был рассчитан на плановую экономику и по кондиционным требованиям, существовавшим в советское время. Экономическая ситуация существенным

образом изменилась, требования к параметрам кондиций были ужесточены. Лишь спустя многие годы, проведенная экспресс-оценка ГКЗ совместно с ВостГОК показала, что для большей части этих месторождений при пересчете на современные кондиции балансовые запасы существенно снижаются, для части месторождений такой пересчет становится фатальным [17].

Для развития урановой отрасли Украины принят ряд общегосударственных планов и программ: “План заходів щодо забезпечення енергетичної безпеки України”, “Про стан енергетичної безпеки України і основні засади державної політики у сфері її забезпечення”, “Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року”, “Енергетична стратегія України на період до 2030 року”. Однако вследствие резкого сокращения ассигнований на геологоразведочные работы в целом, включая и специализированные на уран работы, отечественная урановая производственная геологическая служба на сегодняшний день фактически ликвидируется. Как следствие, уже утеряны научно-производственные школы, уходят лучшие профессионалы-геологи, носители уникальных в своей сфере знаний, утрачена традиция передачи опытными коллегами-профессионалами производственного опыта, который накапливался годами в полевых условиях, молодым специалистам и утраченное уже больше не восстановится. Наблюдается резкое уменьшение численности геологов-уранщиков, отток квалифицированных специалистов инженерного профиля из геологии, старение кадрового потенциала, снижение уровня образования подготавливаемых специалистов и полное отсутствие мотивации для их работы по специальности, существенный моральный и физический износ используемой аппаратуры и оборудования, что, вне всякого сомнения, приведет в ближайшее время к снижению качества геологоразведочных работ, возникновению проблем

воспроизводства минерально-сырьевой базы полезных ископаемых, в том числе относящихся к разряду стратегических, и последующему развалу геологической отрасли Украины, включая урановую геологию.

ВостГОК на сегодняшний день эксплуатирует четыре месторождения урановых руд в альбититах, расположенных в Кировоградской области, два из которых эксплуатируются более 35 лет, одно – более 15 лет. Реальное обеспечение растущих потребностей Украины в урановом сырье, кроме введенного в эксплуатацию Новокопачевского месторождения урана, возможно за счёт доизучения флангов эксплуатируемых месторождений с глубоких горизонтов, вовлечения в детальную разведку ряда месторождений, прошедших стадию предварительной разведки, оценки перспективных рудопроявлений и открытия новых месторождений с рентабельными для добычи запасами.

В настоящее время в Украине обрабатывается ряд месторождений урана, принадлежащих к метасоматическому геолого-промышленному типу. Месторождения этого геолого-промышленного типа при их специфике параметров оруденения и существующих на сегодняшний день особенностях конъюнктуры на мировом рынке урана являются низкорентабельными для добычи, с высокой себестоимостью производства, что обуславливает высокую чувствительность сырьевой базы урана Украины к изменению экономических условий [17]. Лишь небольшая часть промышленных запасов нашего государства представлены месторождениями “песчаникового” типа. Часть из ранее выявленных “песчаниковых” месторождений урана уже отработаны (Девладовское, Братское). Получивший широкое распространение в мире метод скважинного подземного выщелачивания, обусловивший практическую ценность инфильтрационных месторождений в свое время, впервые был осуществлен специалистами КП “Кировгеология” на Девладовском месторождении. Месторождения “пес-

чаникового” типа Украины, пригодные для отработки методом подземного выщелачивания, относятся к стабильно рентабельным, и их поиск и открытие новых промышленных объектов – один из путей повышения устойчивости сырьевой базы урана Украины к изменению экономических условий. Поэтому важнейшей задачей является разработка новых критериев и признаков поиска месторождений урана этого типа, выполнения обоснованных прогнозов на основе разработки новых методологических приемов, для более экономичного и быстрого восстановления утраченных ресурсов, улучшение возможностей существующих поисковых методов, недопущение существенного истощения рентабельных запасов полезных ископаемых, в первую очередь урана, как основного источника сырья для стабильной работы атомной энергетики Украины на современном этапе.

Обзор публикаций и нерешенные части общей проблемы

Образование урановых месторождений в чехле юго-западной части Восточно-Европейской платформы подчиняется глобальной закономерности, установленной Г. В. Грушевым [2]. В истории развития чехла выделены две регионально проявленные и отчётливо выраженные эпохи эпигенетического уранового рудообразования: кайнозойская (неоген-четвертичная?), с которой связаны инфильтрационные урановые месторождения, контролируемые в осадочных породах окислительной зональностью; мезозойская (киммерийская), в которую формировались экзогенно-эндогенные амагматические, в том числе уранбитумные месторождения, контролируемые в осадочных породах восстановительной зональностью.

Формирование урановой минерализации в “песчаниковых” месторождениях осадочного чехла Украинского щита (УЩ) происходило на новейшем этапе тектонического развития – от среднего миоцена до настоящего времени. Наиболее древний абсолютный возраст урано-

вого оруденения составляет 20 млн лет (В. А. Анисимов [15]). Наиболее вероятно рудообразование началось после окончания сарматской трансгрессии (ранний миоцен). Наиболее благоприятные предпосылки для рудообразования были в плиocene, когда началось поднятие щита и изменение базиса эрозии крупных рек – дрен.

Уран проявляет большое сродство к органическому веществу, и его концентрация стимулируется его экстремальным накоплением. Кайнозойской (неоген-четвертичной?) эпохе эпигенетического уранового рудообразования, с которой, в частности, связаны инфильтрационные урановые месторождения УЩ, контролируемые в осадочных породах эоценового возраста окислительной зональностью, предшествовали катастрофические события на рубеже эоцен-олигоцен, приведшие к массовому вымиранию морской и наземной биоты на планете [19]. В океанах это вымирание было весьма растянутым во времени и занимало примерно 4 млн лет в конце среднего и позднем эоцене [16], при этом было ступенчатым. В этот период на родовом уровне отмечается заметное вымирание (около 15 %) среди морского бентоса [20]. В Европе наибольшее вымирание млекопитающих отмечается на рубеже эоцена и олигоцена [16].

В работе [10] нами были представлены факты, указывающие на глобальную близодновременность образования гидрогенных урановых месторождений на планете, синхронную с массовыми вымираниями и биотическими кризисами, вероятно, обусловленную едиными глобальными общепланетарными причинами, имевшими эндогенную природу. Неогеновая эпоха эксплозивной активности УЩ синхронно совпадает с проявлениями начала неоген-четвертичного уранового оруденения гидрогенного типа. Учитывая это, наряду с экзогенными факторами в процессе уранового рудообразования в осадочных отложениях Бугско-Днепровской металлогенической области важную роль играли и эндогенные факторы [4–6, 10, 11].

Определяющее влияние на миграцию урана при формировании урановых месторождений в осадочных толщах оказывали окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия вод. Однако при выявлении источника рудного вещества, для понимания своеобразия миграции урана в ландшафтных условиях каждого конкретного региона, необходимо учитывать все особенности геологического развития региона, включая особенности разломно-блоковой тектоники, в том числе роль влияния глубинных разломов, металлогению и т. д. Блоковое строение, как правило, сказывается на латеральном распределении фациальных комплексов. На границе блоков обычно изменяется фациально-геохимическая обстановка, мощности отдельных толщ, проницаемость пород, выклиниваются отдельные горизонты и т. д. Без решения вопросов основного источника урана при формировании промышленных рудных объектов различного генезиса, без выявления определяющих факторов первоначального концентрирования урана, его миграции и локализации в виде рудных объектов, наработки новых критериев невозможно эффективное прогнозирование и выявление объектов масштабного оруденения. Результаты исследований по разработке и использованию принципиально новых комплексов разноранговых критериев и основанных на их использовании технологий прогнозирования эндогенных и экзогенно-инфильтрационных промышленных месторождений урана УЩ освещены нами в ряде публикаций [7–9, 12, 13 и др.]. Учитывая актуальность проблемы наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины за счет месторождений “песчаникового” типа, в данной статье на примере Саксаганско-Сурского рудного района УЩ, показана последовательная локализация разномасштабных перспективных на выявление промышленных месторождений урана указанного типа объектов с использованием новых критериев, пригодных для оценки перспектив ураноносности территорий и масштаба оруденения.

Цель статьи

Оценка перспектив наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Саксаганско-Сурского рудного района УЩ на основе использования расширенного комплекса критериев, признаков прогнозирования и поиска промышленных месторождений экзогенно-инфильтрационного типа.

Методы исследований

Для решения поставленных задач использовался комплекс геофизических, радиогеохимических и структурно-геологических методов исследований.

Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана Бугско-Днепровской металлогенической области Украинского щита

В осадочном чехле УЩ выделена Бугско-Днепровская металлогеническая область, перспективная на выявление промышленного уранового оруденения в

зонах пластового окисления угленосной формации (А. В. Кузьмин и др., КП “Кировгеология”) (рис. 1). Она включает три основных урановорудных района: Южно-Бугский (с Садовым, Братским и Ташлыкским месторождениями), Ингуло-Ингулецкий (с Сафоновским, Девладовским и Христофоровским месторождениями) и Саксаганско-Сурский (с Новогурьевским, Сурским, Червоноярским, Еленовским, Криничанским, Хуторским и др. месторождениями).

Литолого-фациальные комплексы пород, в которых сформировались промышленные концентрации урана месторождений экзогенно-инфильтрационного типа, представляют собой континентальные бучакские отложения, выполняющие глубокие части депрессий, которые сформировались в условиях гумидного субтропического климата, что обусловило их угленосность. По особенностям формирования и фациальному выполнению отложения, в которых формировались промышленные урановорудные концентрации,

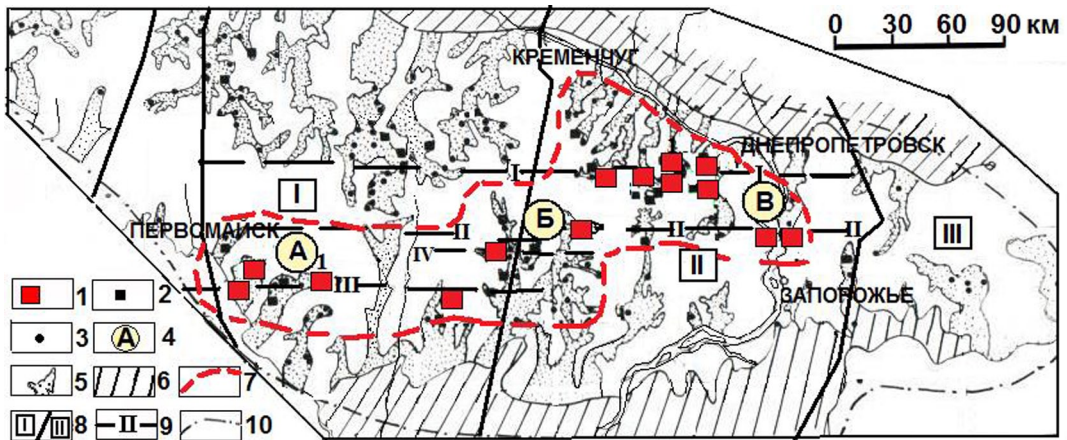


Рис. 1. Обзорная схема Днепровского ураноугольного бассейна в отложениях среднего эоцена

1 – месторождения урана экзогенно-инфильтрационного типа; 2 – рудопроявления, 3 – точки минерализации, 4 – рудные районы: А – Южно-Бугский, Б – Ингуло-Ингулецкий, В – Саксаганско-Сурский; 5 – палеодепрессии среднеэоценового возраста, 6 – участки полного размытия осадочных отложений в четвертичное время; 7 – граница Бугско-Днепровской металлогенической области; 8 – границы мегаблоков: I – Ингульского, II – Среднеприднепровского; III – Приазовского; 9 – осевые линии глубинных разломов: I – Субботско-Мошоринского, II – Девладовского; III – Братского; IV – Софиевско-Криничеватского; 10 – граница УЩ

относятся к трём литолого-фациальным комплексам: озерно-болотному, речному и лагунно-лиманному (А. В. Кузьмин, Г. Г. Чурзин, Н. Н. Макаренко, КП “Кировгеология”). Речной комплекс по характеру геологического разреза делится на два типа: а) небольшие палеореки с развитием русловых песчаных фаций, ритмичностью отложений, хорошим угленасыщением (Братское, Садовое, Сафоновское месторождения); б) сравнительно крупные палеодолины с развитием обломочного материала со слабой сортировкой и очень слабым угленасыщением. Условия фильтрации подземных вод в этих осадках отличаются. Лагунно-лиманный комплекс представлен в основном глинисто-углистыми отложениями с подчиненным распространением мелко- и среднезернистых песков, отложения интенсивно углефицированы (восточная часть Днепробасса). Озерно-болотный комплекс по характеру геологического разреза делится на два типа: а) водораздельное плато (северо-западная и западная часть бассейна), б) прибрежные равнины (северный склон западной части бассейна), отложения характеризуются высокой изменчивостью состава, частым выклиниванием, сложным строением залежей, незначительным содержанием углистых песков, отсутствием чёткой упорядоченности в напластовании. Депрессии, выполненные этими отложениями, обычно имеют сложные очертания, близкую к изометричной форму. Строение и состав комплекса обуславливают затрудненную фильтрацию подземных вод.

Исследования геолого-структурных особенностей экзогенно-инфильтрационных месторождений урана Бугско-Днепровской металлогенической области позволили нам выявить главную закономерность – у всех этих месторождений отмечается четкая геотектоническая избирательность, которая обеспечивала проявление энергичной гидродинамики в сфере водообмена и интенсивность эрозийных процессов [4, 5]. Выявлена закономерная связь формирования экзоген-

но-инфильтрационных месторождений с неотектоническими подвижками широтных долгоживущих разломов на участках пересечения с бучакскими палеодолинами (Субботско-Мошоринского и Девладовского для Саксаганско-Сурского рудного района, Девладовского и Софиевско-Криничеватского для Ингуло-Ингулецкого рудного района, Братского для Южно-Бугского рудного района). Нами выявлены признаки поступления большей части урана многокомпонентных руд месторождений экзогенно-инфильтрационного типа Ингуло-Ингулецкого рудного района с растворами по тектоническим зонам, которые контролируют палеодолины и сами являются рудоносными [4, 5]. Зоны разломов характеризуются радиогеохимической обстановкой с урановой специализацией. Выявленные особенности позволили при прогнозировании месторождений данного типа в угленосных отложениях осадочного чехла УЩ наряду с имеющейся методикой прогнозирования перспективных площадей и потенциально-урановорудных полей [14], экзогенных и геохимических факторов оруденения, дополнительно учитывать степень проявленности тектонического фактора на стадии рудоподготовки с целью повышения эффективности прогнозно-геологических и поисковых работ, объективной локализации площадей опоискования, экономии финансовых затрат, направленных на поиски месторождений урана “песчаникового” типа.

Уточнённые рациональные комплексы региональных критериев и признаков уранового оруденения “песчаникового” типа в угленосных отложениях палеогена УЩ, синтезирующие всё положительное, наработанное за многие годы специалистами КП “Кировгеология” [14], и выявленные нами новые закономерности имеют следующий вид.

Для стадии среднemasштабного прогнозирования 1:200 000 это: 1) зоны региональных долгоживущих разломов с установленными неотектоническими подвижками на участках пересечения с

бучакскими палеодолинами, отличающиеся широким развитием радиогидрогеологических ореолов урана, являющиеся областями разгрузки восходящих потоков ураноносных растворов в вышележащие отложения; 2) участки тектонических зон с радиохимической урановой специализацией в пределах долгоживущих разломов, служащие источниками разновозрастных концентраций урана, а также ураноносных растворов; 3) палеодепрессии, вмещающие угленосную формацию; 4) состав литолого-фациальных комплексов (в порядке убывания перспективности – речной, лагунно-лиманный, озерно-болотный), слагающих угленосную формацию; наличие водоупорных отложений, перекрывающих угленосную формацию; 5) площади размещения угленосных отложений выше уровня региональных дрен; урановое оруденение в породах угленосной формации, в том числе наличие объектов, связанных с зонами пластового окисления; 6) площади с аномальными концентрациями урана в пластово-трещинных водах.

На стадии крупномасштабного прогнозирования (1:50 000) месторождений урана “песчаникового” типа тектонические критерии сохраняют ведущее значение, изменяется только масштаб их проявления: 1) зоны региональных долгоживущих разломов с установленными неотектоническими подвижками на участках пересечения с бучакскими палеодолинами, являющиеся областями разгрузки восходящих потоков ураноносных растворов в вышележащие отложения; 2) участки зон с радиохимической урановой специализацией в пределах долгоживущих разломов, служащие источниками разновозрастных концентраций урана с благоприятными гидродинамическими условиями; 3) области благоприятного литологического состава отложений (угленосность, преимущественно русловые фации); 4) благоприятная эпигенетическая зональность (критические области); 5) наличие водоупорных отложений, перекрывающих угленосную толщу; 6) наличие повышенных концентраций урана в угленосных от-

ложениях, вмещающих породах и породах водосборных областей питания; 7) большие водосборные площади (десятки, сотни квадратных километров), в пределах которых формировались грунтовые воды, питающие палеодепрессии; 8) гидравлические уклоны от областей питания грунтовых вод до участков их разгрузки.

На основе последовательного использования разработанных прогнозно-поисковых комплексов критериев и признаков промышленного уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия объектов масштабам исследований нами выполнены прогнозные построения для Саксаганско-Сурского рудного района Бугско-Днепровской урановорудной металлогенической области. Это позволяет существенно повысить эффективность локализации перспективных на поиски новых месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа участков.

**Новые закономерности размещения
экзогенно-инфильтрационных
месторождений урана
Саксаганско-Сурского рудного района
Украинского щита**

Саксаганско-Сурский урановорудный район расположен в северо-восточной части Днепробасса и включает в себя верховья Александрийской, Попельнастовской, Куцеваловско-Солошинской, Пятихатской, Саксаганской, Верховцевской, Верхнеднепровской, Сурской и Синельниковской палеодепрессий северного склона УЩ (рис. 2). Входящие в контур района части депрессий лишь в самых своих верховьях и мелких ответвлениях выполнены угленосными отложениями речного комплекса второго типа разреза со свойственной плохой сортировкой обломочного материала, отсутствием четкой ритмичности с переходом к северу в образования лагунно-лиманного комплекса. Для данной группы палеодепрессий характерно развитие водоупорных отложений разного уровня сплошности,

выполненных отложениями киевского, а в восточной части (Верхнеднепровская, Сурская, Синельниковская) и сарматского

яруса над угленосной толщей. В низовьях и средних частях палеодепрессий угленосные отложения находятся ниже регио-

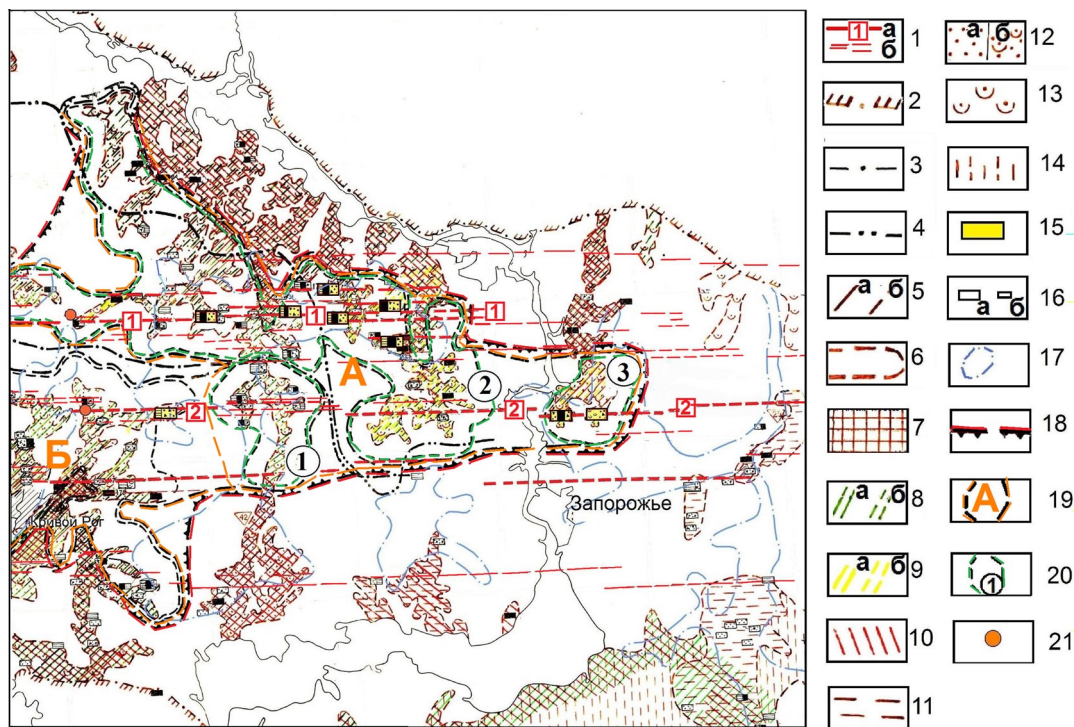


Рис. 2. Схема совмещенных критериев и признаков уранового оруденения в отложениях угленосной формации палеогена Днепробассиса УЩ (по материалам А. В. Кузьмина, Л. Н. Сухининой, КП “Кировгеология”; 2000 г.) с дополнениями и изменениями автора

1 – линейменты широтных разломов: а – испытавших неотектонические подвижки и контролирующую промышленное урановое оруденение (цифры в квадратиках) 1 – Субботско-Мошоринский, 2 – Девладовский, б – иные, 2 – граница развития морских отложений бучакского яруса, 3 – палеогеновый региональный водораздел, 4 – современный региональный водораздел, 5 – участки депрессий с развитием углисто-глинистой пачки в верхней части разреза бучакского яруса: а – сплошное площадное развитие, б – в виде линз; 6 – палеодепрессии в фундаменте УЩ, выполненные отложениями угленосной формации палеогена; 7 – участки размыва континентальных угленосных отложений палеогена в четвертичное время; 8 – участки палеодепрессий с развитием верхнего водоупора, сложенного мергельно-глинистой толщей киевского яруса: а – сплошное развитие, б – в виде линз; 9 – участки палеодепрессий с развитием верхнего водоупора, сложенного глинисто-карбонатной толщей сарматского яруса: а – сплошное развитие, б – в виде линз; 10 – участки палеодепрессий с уровнем подземных вод в углистых отложениях, ниже регионального базиса эрозии в верхнеплиоцен-четвертичное время; фациальный состав континентальных угленосных отложений: 11 – озерно-болотный литофациальный комплекс водораздельных замкнутых или полужамкнутых водоёмов, 12 – речной литофациальный комплекс с преобладанием в разрезе: а – русловых, б – пойменных фаций; 13 – лагунно-лиманский литофациальный комплекс; 14 – отложения неясной фациальной принадлежности; ранжирование рудных объектов: 15 – месторождения, 16: а – рудопроявления, б – проявления; 17 – контуры радиогидроаномалий высокого и повышенного содержания урана в подземных трещинных водах пород фундамента; 18 – граница Бугско-Днепровской металлогенетической области; 19 – границы: А – Саксаганско-Сурского урановорудного района, Б – Ингуло-Ингулецкого урановорудного района; 20 – рудные и потенциально-рудные площади: 1 – Никопольская, 2 – Пятихатско-Сурская, 3 – Синельниковская; 21 – эндогенные месторождения урана в карбонатно-натриевых метасоматитах

нального базиса эрозии. Новогурьевское, Хуторское месторождения сосредоточены в палеодолинах, заполненных речными отложениями. Сурское и Червоноярское месторождения приурочены к лагунно-лиманному комплексу пород.

Одной из геолого-структурных особенностей площади Саксаганско-Сурского района является отсутствие чёткого контроля палеодепрессий близмеридиональными региональными разрывными структурами в породах фундамента. Палеодепрессии главным образом приурочены к участкам развития сети разнонаправленных разрывов и зон повышенной трещиноватости, что обуславливает их сложную морфологию. При этом на общем структурном фоне чётко проявлены осложнения Сурской палеодепрессии Девладовским широтным глубинным разломом, Саксаганской, Верховцевской, Верхнеднепровской палеодепрессий Субботско-Мошоринским и Девладовским широтными глубинными разломами (рис. 2). Все выявленные месторождения и рудопроявления экзогенно-инфильтрационного типа Саксаганско-Сурского рудного района группируются в широтной полосе шириной до 75 км и протяженностью более 270 км, ограниченной с юга Девладовским, а с севера – Субботско-Мошоринским региональными широтными разломами (рис. 2, 3). К этой полосе приурочены многочисленные широтные осложнения палеодепрессий и основная масса выявленных в указанных палеодепрессиях и их притоках проявлений урановой минерализации и радиоактивных аномалий. За пределами данной широтной полосы установлены лишь три радиоактивные аномалии и одно проявление урановой минерализации. Большинство месторождений урана “песчаникового” типа в Саксаганско-Сурском рудном районе сосредоточены в локальных близширотных отвержках палеодепрессий (отвержка – боковое ответвление от основного русла палеодепрессии, усложняющее ее конфигурацию), которые коррелируют с Субботско-Мошоринским и Девладовским широтными разломами (рис. 2, 3).

В районе верховий и средних частей палеодепрессий по результатам радиогеохимических исследований в породах фундамента установлены ряд локальных контрастных ореолов аномальных концентраций урана, вытянутых в виде полосы шириной до 10 км вдоль зоны широтного Девладовского разлома, и обширная региональная радиогидроаномалия повышенного содержания урана в трещинных водах пород фундамента широтной ориентировки (рис. 2).

Касаясь источников урана в отложениях угленосной формации, необходимо отметить следующее. В породах фундамента Саксаганско-Сурского рудного района не установлено эндогенных месторождений урана, лишь единичные рудопроявления (рис. 3). Кристаллические породы Саксаганско-Сурского рудного района характеризуются низким фоновым содержанием урана до $1,5 \cdot 10^{-4}$ %. На этом фоне отчётливо выделяются области распространения калиевых гранитоидов так называемых Криничанского, Кудашевского и Демуриного массивов, кислые породы которых содержат невысокие концентрации урана, в среднем соответственно $4,5 \cdot 10^{-4}$, $3,5 \cdot 10^{-4}$ и $2,5 \cdot 10^{-4}$ %.

В Саксаганско-Сурском рудном районе хорошо проявлены неотектонические движения в породах осадочного чехла. Анализ третичных отложений вблизи ряда месторождений “песчаникового” типа позволил выявить резкие изменения их мощности на коротких расстояниях, выпадение сарматского яруса, киевской, бучакской свит, появление удвоения их мощностей и т. д. Это сопровождается значительным несоответствием в отметках подошвы и кровли горизонтов. Главной особенностью является то, что такие проявления обычно расположены над или вблизи тектонических зон в фундаменте, чаще близширотного простирания. В районах хорошо изученных Сурского и Новогурьевского месторождений отмечены многочисленные проявления неотектонических движений в породах чехла и фундамента. Встречены интервалы перемятых пород мощностью до 10 м.

Рудные тела месторождений урана Саксаганско-Сурского района имеют сложную морфологию, что обусловлено их приуроченностью к породам речного комплекса с редуцированными мощностями песчаных слоёв и области

их перехода в лагунно-лиманный комплекс. Рудоносная толща представлена здесь переслаиванием песчаных, глинистых и углистых разностей, что привело к формированию сложных полироллов (рис. 4).

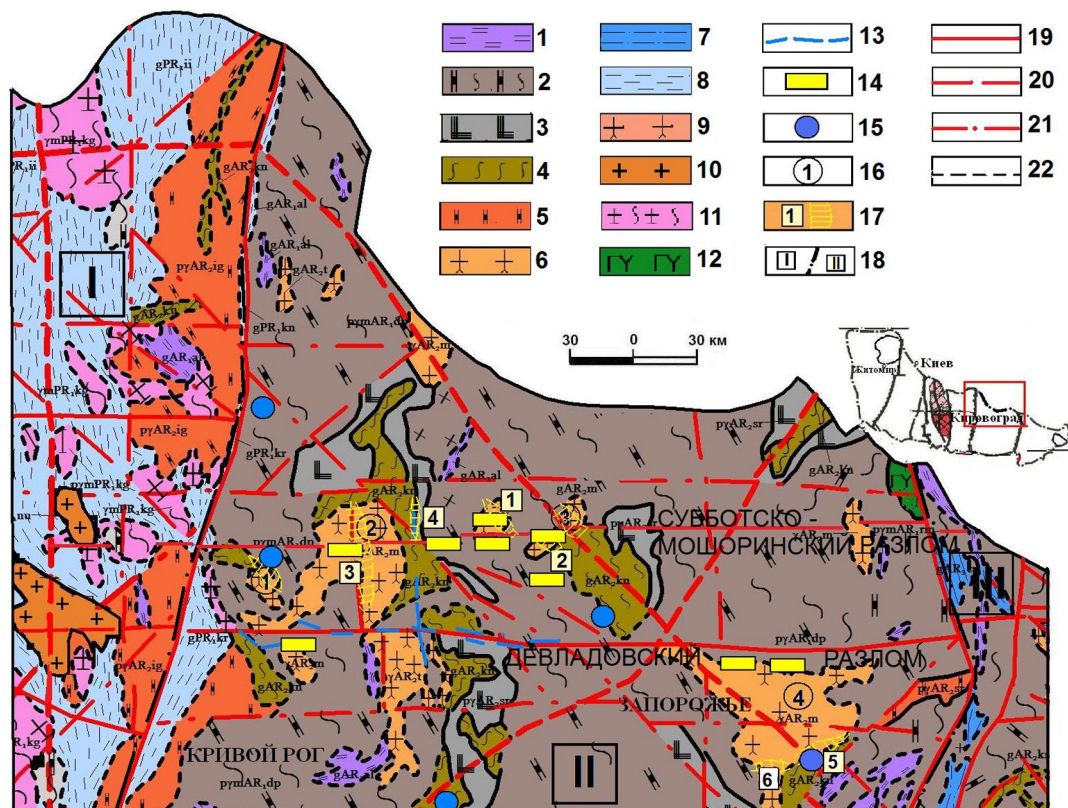


Рис. 3. Схема размещения месторождений и рудопроявлений урана различного генезиса в пределах площади Саксаганско-Сурского рудного района (структурная основа по А. В. Кузьмину, КП "Кировгеология"; 2008 г., с изменениями автора)

1 – метаморфизованные вулканогенно-осадочные формации (AR_1); 2 – формация ультраметаморфических тоналитов и тронджемитов (гранит-зеленокаменная ассоциация); 3 – формация интрузивных диоритов и плагиогранитов (AR_2); 4 – зеленокаменная толща (AR_2); 5 – формация ультраметаморфических плагиогранитов (AR_2); 6 – формация ультраметаморфических гранитов (AR_2); 7 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (AR_3); 8 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (PR_1); 9 – формация регрессивных ультраметаморфических гранитов (PR_1); 10 – формация интрузивных чарнокитоидов и трахитоидных гранитов (PR_1); 11 – формация ультраметаморфических гранитов (PR_1); 12 – габбро-сиенитовая формация (PR_2); 13 – девладовский комплекс (AR_3); 14 – месторождения урана гидрогенного типа; 15 – рудопроявления урана гидротермального типа; 16 – гранитные массивы: 1 – Демуриинский, 2 – Кудашевский, 3 – Криничанский, 4 – Мокромосковский; 17 – тектонометасоматические зоны (вместах табные): 1 – Криничанская, 2 – Сухо-Хуторская, 3 – Новогурьевская, 4 – Милорадовская, 5 – Беккеровская, 6 – Мокромосковская; 18 – границы мегаблоков: I – Ингульский, II – Среднеприднепровский, III – Приазовский; 19 – мантийные разломы, 20 – глубинные коровые разломы, 21 – региональные коровые разломы, 22 – крупные локальные разломы

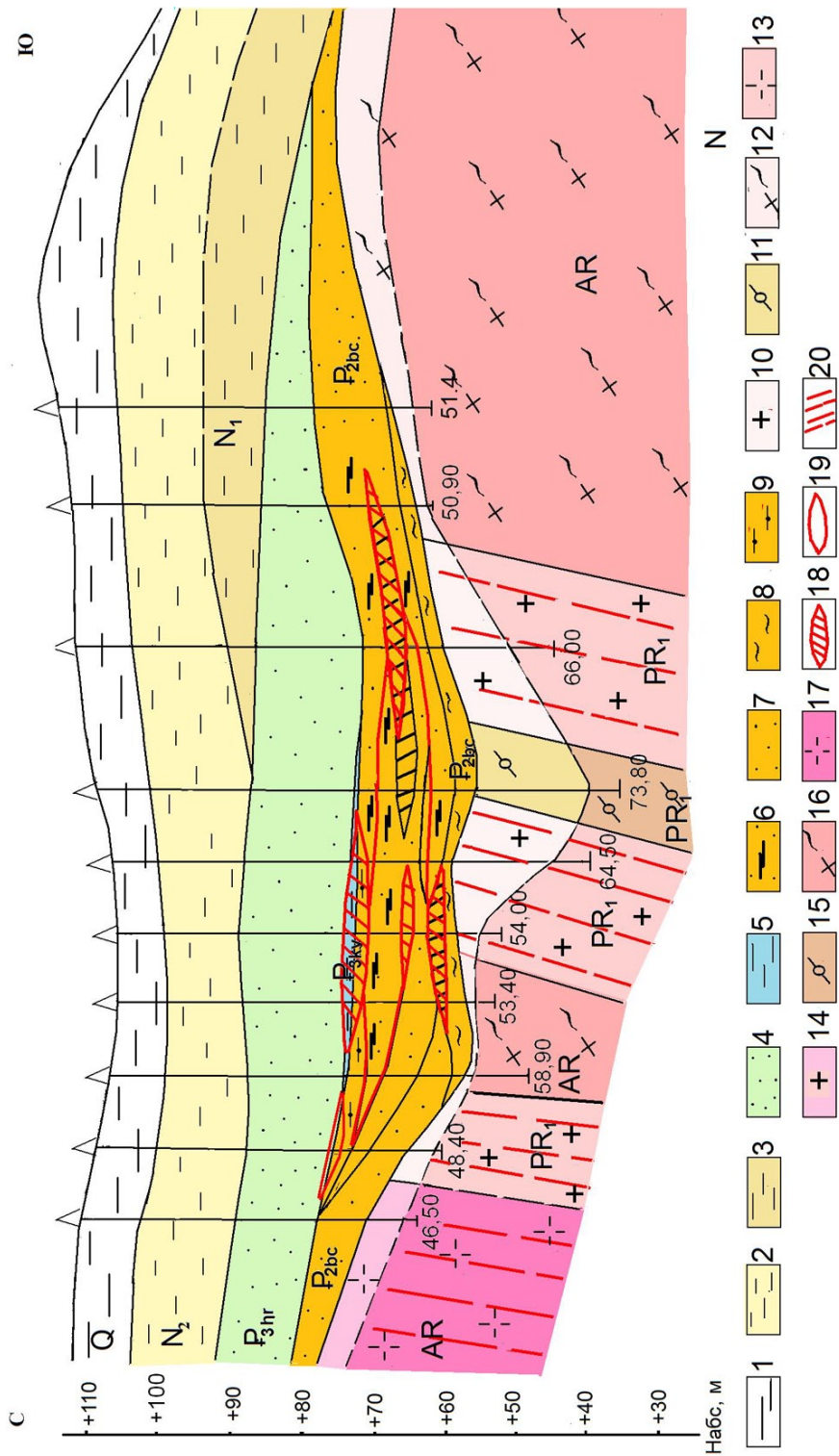


Рис. 4. Геологический разрез через центральную часть Криничанского месторождения урана Сакаганско-Сурского рудного района УЩ
 Осадочные отложения: 1 – суглинки, 2 – красно-бурые глины; 3 – серые и зеленовато-серые глины, 4 – пески серые, среднерзистые, 5 – голубовато-серые глины, 6 – пески углистые темно-серые, 7 – пески слабоуглистые, 8 – вторичные каолины, 9 – глины углистые; 10–13 – кора выветривания по: 10 – гранитам плагиомикроклиновым, 11 – мигматитам розовым, 12 – мигматитам серым, 13 – аплит-пегматоидным гранитам, Докембрийские породы 14–17: 14 – граниты плагиомикроклиновые, 15 – мигматиты розовые, 16 – мигматиты серые, 17 – аплит-пегматоидные граниты; 18 – зоны богатого уранового оруденения, 19 – зоны уранового оруденения, 20 – гидротермально-метасоматическая зона

Прямых критериев, позволяющих оценить долю различных источников урана в образовании промышленного уранового оруденения в бучакских отложениях, пока не существует. Однако имеется ряд признаков, свидетельствующих о большей доле урана, привнос которого осуществлялся по тектоническим нарушениям ураноносными растворами. Это и значительная (в отдельных случаях сопоставимая с содержанием урана) концентрация совместно с ураном ряда рудных элементов (селен, рений, иттрий и др.), источником которых не могут служить породы кристаллического фундамента и осадочного чехла района выявленных месторождений, отличающиеся фоновыми содержаниями этих элементов, существенно ниже кларкового. Наиболее изученными в Саксаганско-Сурском районе являются Сурское, Червоноярское и Новогурьевское месторождения. Они имеют некоторые черты, сходные и отличные с исследованными нами ранее месторождениями Южно-Бугского рудного района [4]. Так, аналогично с Братским месторождением (Южно-Бугский район) на Сурском месторождении вместе с ураном накапливались цирконий, молибден, никель, кобальт, медь, мышьяк с высокими коэффициентами концентраций, в основном, в виде сорбций и, в меньшей мере, в виде сульфидов. На Новогурьевском месторождении наряду со свинцом элементами-спутниками урана в рудном процессе являются накопленные иногда в сопоставимых с ураном концентрациях молибден, медь, цирконий. В разрезе аномальные концентрации рудных элементов преимущественно залегают в контуре урановых залежей и, чаще всего, при этом не устанавливается приуроченности аномальных концентраций рассматриваемых рудных элементов к какому-либо литолого-фациальному типу бучакских отложений и породам кристаллического фундамента. Однако отмечается развитие аномальных концентраций элементов-спутников урана над сильно обводнёнными зонами разломов в фундаменте, несущими местами

повышенные содержания этих элементов и уран, что, по нашему мнению, свидетельствует о значительном их привносе совместно с ураном глубинными трещинными водами. По обогащению тектонических зон кристаллического фундамента под месторождениями (Новогурьевское, Хуторское месторождения) рядом элементов, формирование русловых месторождений урана региона не объясняется удовлетворительно только лишь разрушением первичных эндогенных проявлений урановой минерализации или радиоактивных гранитов. Этот факт свидетельствует об источнике урана, поставляемого с растворами по разноориентированным тектоническим зонам, которые контролируют палеодолины и сами являются рудоносными.

Выявленная закономерная связь формирования промышленных урановорудных концентраций с зонами разломов, испытавших неотектонические активизации, характерна для Саксаганско-Сурского, Ингуло-Ингулецкого [5] и Южно-Бугского [4] рудных районов, и ее использование позволит при прогнозировании месторождений данного типа в угленосных отложениях осадочного чехла УЩ существенно минимизировать перспективные площади для эффективного проведения дальнейших геологоразведочных работ.

Оценка перспектив наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Саксаганско-Сурского рудного района Украинского щита

Перспективные объекты выделены нами на основе поэтапного использования уточнённых комплексов критериев и признаков объектов уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа в угленосных отложениях палеоцена с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия объектов масштабам исследований для стадии среднемасштабного прогнозирования 1:200 000 и стадии крупномасштабного прогнозирования масштаба 1:50 000.

За основу при среднемасштабном (1:200 000) прогнозировании была взята прогнозная карта на уран угленосной формации палеогена (А. В. Кузьмин, Л. Н. Сухинина, КП “Кировгеология”, 2000 г.), дополненная нами полученными за период с момента ее построения новыми фактическими данными, а также новыми критериями и признаками уранового оруденения в палеоценовых отложениях Днепробасса (линеаменты глубинных разломов, испытавших неотектонические подвижки, площадные радиогидроаномалии трещинных вод пород фундамента) (рис. 2).

Приуроченность промышленно-ураноносных бучакских отложений к зонам долгоживущих тектонических разломов, испытавших неотектонические подвижки, является объективным критерием для эффективного проведения дальнейших поисковых работ в Саксаганско-Сурском рудном районе, включающем верховья Александрийской, Попельнастовской, Пятихатской, Саксаганской, Сурской, Верхнеднепровской, Синельниковской депрессий северного склона УЩ. Основная часть депрессий, входящих в контур Саксаганско-Сурского района, сложена образованиями лагунно-лиманного комплекса и лишь в мелких ответвлениях и отвержках – отложениями речного комплекса второго типа (Г. А. Гонтмахер, КП “Кировгеология”). В ранее выделенной Пятихатско-Сурской рудной площади на общем структурном фоне отчётливо выделяются широтные осложнения Сурской депрессии (Девладовский разлом), Саксаганской, Верховцевской и Верхнеднепровской депрессий дизъюнктивами Субботско-Мошоринского разлома. Все месторождения и рудопроявления Саксаганско-Сурского рудного района группируются в широтной полосе шириной до 25 км протяженностью до 95 км, ограниченной с юга Девладовским, с севера – Субботско-Мошоринским разломами, с многочисленными широтными осложнениями депрессий в этой полосе, на что обращали внимание специалисты

КП “Кировгеологии” Г. А. Гонтмахер, А. В. Кузьмин, но с позиции господствующей модели экзогенно-инфильтрационного рудообразования только вследствие влияния экзогенных факторов рудообразования это не находило полного объяснения. Фрагмент Сурской палеодепрессии, включающей Сурское и Червоноярское месторождения, Верхнеднепровской с Еленовским и Криничанским месторождениями, Верховцевской с Хуторским месторождением, Саксаганской с Новогурьевским месторождением находятся в пределах обширного радиогидроореола аномального содержания урана в трещинных водах пород фундамента широтного простирания. Верховья Сурской, Попельнастовской и западная ветвь Саксаганской депрессии находятся за пределами этого ореола и зоны влияния глубинных разломов, характеризуются почти полным отсутствием проявления урановой минерализации в бучакских отложениях (вмещают только три радиоактивные аномалии и одно проявление урановой минерализации) и должны быть исключены из дальнейшего опоискования.

Синельниковская рудная площадь включает Синельниковскую палеодепрессию с установленными в ее отложениях Петромихайловским и Первозвановским месторождениями, расположенными в верховьях депрессии в зоне Девладовского разлома, с вытянутым вдоль него в виде широтной полосы длиной до 10 км контрастного радиогидроореола аномальных концентраций урана в трещинных водах пород фундамента.

На основе выполненной прогнозной оценки заслуживают дальнейшего изучения верховья и средние части палеодепрессий Саксаганско-Сурского рудного района и поиск их новых ответвлений в пределах выделенной полосы широтного простирания зоны влияния широтных Субботско-Мошоринского и Девладовского глубинного разломов с наложенным широтным аномальным радиогидроореолом урана в трещинных водах пород фундамента. Здесь могут быть выявлены новые место-

рождения в зонах пластового окисления как отложений речного комплекса, так и в переходных к лагунно-лиманным образованиям. Учитывая, что лишь 40 % территории Саксаганско-Сурского района изучено специализированными работами в масштабе 1:50 000 и крупнее (участки месторождений), а остальные в масштабе мельче 1:200 000 и он является наименее изученным из рудных районов Бугско-Днепровской металлогенической области, нельзя исключать возможность выявления здесь значительных концентраций урана в угленосных отложениях, на это указывает и обширный радиогидрогеохимический мониторинг содержания урана в трещинных водах, поэтому поиски месторождений, пригодных для отработки методом подземного выщелачивания необходимо сосредоточить в пределах перспективных участков Саксаганско-Сурского района.

Согласно принятой модели уранового рудообразования экзогенно-инфильтрационного типа (Г. Г. Чурзин, Н. Н. Макаренко, КП “Кировгеология” [14]) основным поисковым критерием урановых месторождений в угленосных отложениях на стадии среднемасштабного прогнозирования принимается наличие областей выклинивания зон пластового окисления, сформированных ураноносными водами в угленосных отложениях. Из-за их незначительного площадного распространения часто выделение таких зон не представляется возможным. Но зоны пластового окисления являются составными частями глубинной зоны поверхностного окисления в областях ее контакта с угленосными отложениями. Эти области контакта имеют более широкое площадное распространение, чем зоны пластового окисления, но меньше площадей распространения угленосных отложений, что вызвано различным гипсометрическим уровнем их залегания (уровень залегания угленосных отложений погружается в сторону регионального дрена) и залегания подошвы глубинной зоны поверхностного окисления (контролируется глубиной вреза гидро-

сети). Область контакта между глубинной зоной поверхностного окисления и угленосными отложениями называют критическими областями, так как они являются областями контакта генетически разнородных и противоположных по окислительно-восстановительному потенциалу сред, где происходит миграция различных элементов и их осаждение (по Г. Г. Чурзину, КП “Кировгеология”). Отметим на примере Саксаганско-Сурского района, что распределение выделенных критических областей и, самое главное, локализация на их участках уранового оруденения в угленосных толщах четко подчиняется структурному контролю Субботско-Мошоринского и Девладовского глубинных разломов, с установленными признаками неотектонических подвижек в их пределах [10, 11]. Учитывая такую закономерность площади для первоочередного опоскования в пределах выделенных критических областей, априори вмещающих зоны эпигенетической зональности сужаются, по меньшей мере, в два раза. В небольших по площади критических областях, установленных за пределами зон влияния указанных разломов, не установлено концентрации урана даже в масштабе точки минерализации, поэтому они однозначно исключаются из опоскования. Возникновение промышленных скоплений урана на ролловом фронте (на выклинивании зон пластового окисления в угленосных отложениях) обусловлено важнейшим условием – повышенным содержанием урана в водах. А это, в свою очередь, зависит от источников урана. Принимая во внимание, что содержания урана в кристаллических породах, подстилающих отложения Саксаганско-Сурского района, очень низкие ($1,5-2,0 \cdot 10^{-4} \%$), значимые эндогенные концентрации урана в бассейне водосбора отсутствуют, а основным источником, как мы установили, являются ураноносные трещинные воды зон глубинных разломов, перспективные площади опоскования первой очереди можно локализовывать областями благоприятного

литологического состава среднеэоценовых отложений (угленосность, водопроницаемость их подошвы) и перекрывающей углистые осадки толщей (непроницаемая кровля), благоприятной эпигенетической зональности (критические области), в зонах влияния глубинных разломов с установленными ореолами радиогидрогеохимических аномалий урана в подземных трещинных водах пород фундамента (они локализованы, главным образом, в широтных зонах Субботско-Мошоринского и Девладовского разломов) с благоприятными гидродинамическими условиями и, дополнительно, наличием повышенных концентраций урана в угленосных отложениях, вмещающих породы и породах водосборных областей питания, где, в совокупности, по комплексу критериев и признаков можно предположить наличие зон пластового окисления и урановое оруденение за счет комплексного источника урана. Перспективные участки второй очереди характеризуются наличием критических областей в зонах влияния глубинных разломов с относительной удаленностью бассейна разгрузки подземных вод при незначительном превышении поверхности угленосных отложений, что обуславливает пониженный напорный градиент подземных вод. Участки третьей очереди имеют не выясненную перспективность вследствие отсутствия геологических данных, но размещены в зонах влияния глубинных разломов и предположительного развития критических областей в угленосной толще.

Результаты крупномасштабного прогнозирования с выделением перспективных для опоискования участков первой, второй и третьей очереди на основе степени суммарной проявленности уточненного комплекса критериев и признаков уранового оруденения в угленосных отложениях для Пятихатско-Сурской рудной площади Саксаганско-Сурского рудного района представлена на рис. 5. Все выделенные участки первой очереди опоискования характеризуются наличием

критических областей с пластовым окислением в зонах влияния глубинных Субботско-Мошоринского и Девладовского разломов, испытавших неотектонические подвижки, повышенными концентрациями урана в угленосных отложениях, площадными радиогидроаномалиями с аномальным и повышенным содержанием урана, с высоким напорным градиентом подземных трещинных вод.

Участки II очереди опоискования характеризуются наличием критических областей с радиоактивными аномалиями в угленосных отложениях в зоне глубинных разломов, вмещают площадную и точечные радиогидроаномалии в угленосных отложениях и трещинных водах пород фундамента, изучены по редкой сети скважин, отрицательный признак – невысокий напорный градиент подземных вод. Участки III очереди опоискования находятся в зонах влияния глубинных разломов, но изучены лишь одиночными скважинами, характеризуются наличием площадных и точечных радиогидроаномалий в угленосных отложениях и трещинных водах пород фундамента, требуют дополнительного бурения. Таким образом, на основе использования уточнённого комплекса критериев уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа в тесной связи с тектоническим фактором рудообразования на этапе рудоподготовки, мы последовательно на первом этапе среднемасштабного (масштаба 1:200 000) прогнозирования для Бугско-Днепровской металлогенической области Днепробасса оконтурили наиболее перспективные для выявления новых месторождений урана площади, вмещающие части палеодепрессий и на втором этапе – стадии крупномасштабного (масштаба 1:50 000) прогнозирования для Пятихатско-Сурской рудной площади Саксаганско-Сурского рудного района по максимальной проявленности критериев уранового оруденения в угленосных отложениях и степени специализированной изученности выделили участки палеодепрессий с залежами “песчаникового”

типа, связанными с экзогенно-эпигенетическим рудообразованием, I, II, III очередей опоискования, контролируемым среди прочих факторов и региональными разломами, испытавшими неотектонические подвижки. Это позволило обоснованно локализовать наиболее перспективные участки с уменьшением площадей для дальнейшего опоискования

в пределах зон с наличием критических областей, в среднем, в два раза.

Выводы и перспективы дальнейшего развития в данном направлении

На основе синтеза и анализа всей имеющейся геолого-геофизической информации нами выполнен анализ геолого-структурных особенностей локализации

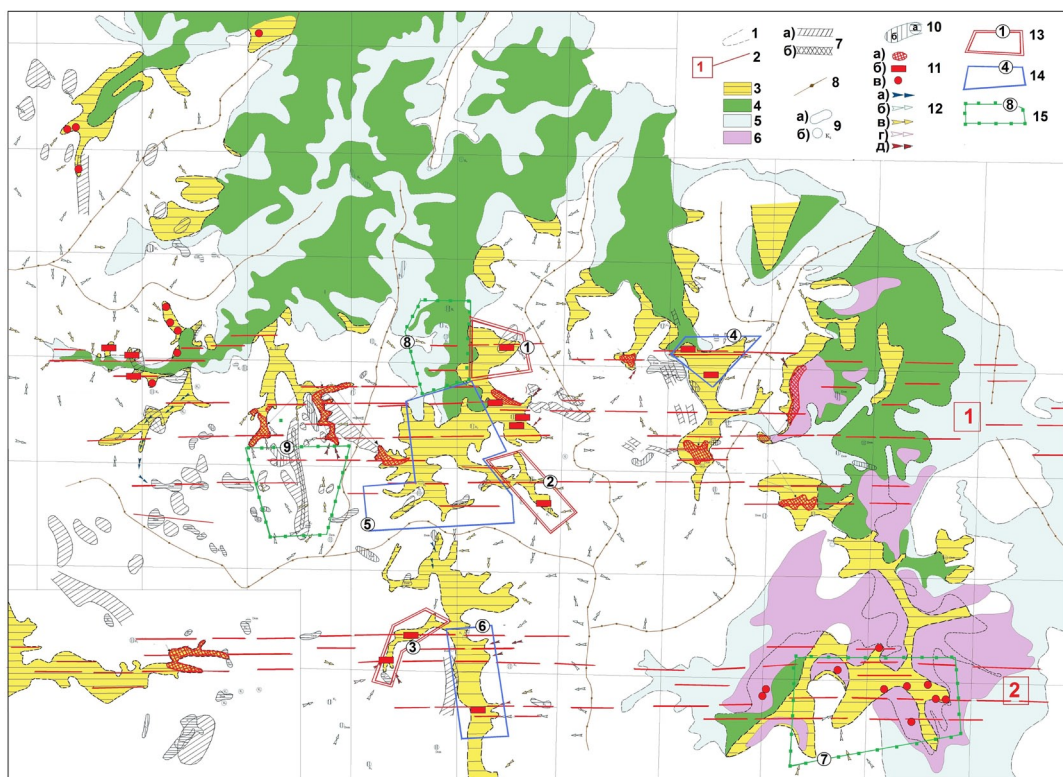


Рис. 5. Схема прогноза месторождений урана в угленосной толще палеогена Пятихатско-Сурской рудной площади Саксаганско-Сурского рудного района УЩ (с использованием материалов Г. Г. Чурзина и др., КП “Кировгеология”)

1 – контур распространения угленосных отложений, 2 – линейменты широтных разломов, испытавших неотектонические подвижки: 1 – Субботско-Мошоринский, 2 – Девладовский; 3 – критические области, 4 – площади отсутствия критических областей, 5 – площади отсутствия окисления в корях выветривания, 6 – площади отсутствия глубинной зоны поверхностного окисления, 7 – ореолы урана в кристаллических породах: а – повышенные содержания, б – аномальные содержания, 8 – водоразделы поверхности фундамента, 9 – радиогидроаномалии: а – площадные, б – точечные; 10 – аномальные содержания урана в подземных водах с увеличением относительного содержания от а до б; 11 – объекты с прямыми признаками ураноносности: а) месторождения; б) рудопроявления, в) проявления; 12 – направление движения подземных кислородных вод с увеличением содержания в них урана в порядке от а до д; перспективные участки для опоискования: 13 – I очереди, 14 – II очереди, 15 – III очереди

месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа в углистой формации палеогена Саксаганско-Сурского рудного района УЩ. Проанализированы особенности литолого-фациальных комплексов основных месторождений урана данного типа в районе исследований, выполнено обобщение материалов по связи выявленных месторождений с зонами глубинных разломов. Рассмотрены возможные источники рудного вещества на основе изучения закономерностей распределения урана и элементов-спутников в разновозрастных породах и зонах глубинных разломов, имеющих влияние на металлогению урана в породах осадочного чехла.

Выполнена новая комплексная прогнозная оценка потенциала формирования промышленного уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа для Саксаганско-Сурского урановорудного района УЩ, последовательно выделен ряд участков для дальнейших специализированных поисковых работ I, II, III стадий перспективности по степени проявленности установленной благоприятной совокупности критериев и признаков промышленного уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа, что позволяет целенаправленно и эффективно проводить дальнейшие работы по наращиванию промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдулкабиров Х. Б.* О глубинном происхождении растворов на урановых месторождениях в платформенных отложениях депрессионных структур//Геология Казахстана. – 1998. – № 2. – С. 40–46.
2. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Коваля. – К.: Наукова думка, 1995. – 376 с.
3. *Грушевой Г. В., Печенкин И. Г.* Металлогения ураноносных осадочных бассейнов Центральной Азии. – М.: Изд-во ВИМС, 2003. – 120 с.
4. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Южно-Бугском рудном районе Украинского щита//А. А. Калашиник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 3. – С. 33–45.
5. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Ингуло-Ингулецком рудном районе Украинского щита//Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 3. – С. 11–18.
6. *Калашиник А. А.* Закономерности локализации месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа Днепровского ураноугольного бассейна Украинского щита в тесной связи с разломной тектоникой//А. А. Калашиник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2013. – № 1. – С. 53–68.
7. *Калашиник А. А.* Новые закономерности размещения и особенности формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 1. – С. 58–78.
8. *Калашиник А. А.* Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита//А. А. Калашиник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 2. – С. 27–54.
9. *Калашиник А. А.* Новая технология прогнозирования и поиска крупных эндогенных месторождений урана в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы//Вестник ВГУ. Серия Геология. – 2014. – № 2. – С. 5–12.
10. *Калашиник А. А.* Роль тектонического фактора в формировании гидрогенных месторождений урана в Днепровской урановорудной области Украинского щита//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 1. – С. 75–93.
11. *Калашиник А. А.* Роль тектонического фактора при формировании экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Бугско-Днепровской урановорудной области Украинского щита//А. А. Калашиник//Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 4. – С. 36–43.
12. *Калашиник А. А.* Роль глубинных факторов в формировании промышленного эндогенного уранового рудообразования УЩ//А. А. Калашиник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2013. – № 3. – С. 33–48.
13. *Калашиник А. А.* Технология прогнозирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита (на основе концепции астеносферного концентрирования рудогенных компонентов): [монография]/А. А. Калашиник. – Кировоград: Изд-во “КЛАНУ”, 2014. – 324 с.
14. *Макаренко Н. Н.* Модель образования и перспективы развития в Украине сырьевой

базы урановых месторождений песчаникового типа//Н. Н. Макаренко, Г. Г. Чурзин, А. В. Кузьмин: тез. докл. научно-практ. конф. “Кировгеология – 60 лет: история, достижения, перспективы”. – (Киев, 22–23 ноября 2007 г.). – К., 2007. – С. 40–44.

15. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые/[Гурский Д. С., Есипчук К. Е., Калинин В. И. и др.]. – Киев-Львов: Изд-во “Центр Европы”, 2005. – 785 с.

16. *Невесская Л. А.* Определитель миоценовых двустворчатых моллюсков Юго-Западной Евразии//Л. А. Невесская, И. А. Гончарова, Н. П. Дарамонова и др./Труды ПИН. – 1993. – Т. 247. – 412 с.

17. *Синчук В. В.* Взаимосвязь технологий добычи и переработки урановых руд и состояния балансовых запасов//Доклады Межд. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”. – (Симф. – Судак, 27 сент. – 3 окт. 2010 г.). – К.: Академперіодика, 2011. – С. 118–123.

18. *Шмаривич Е. М., Максимов М. Ф.* Пластовоинфильтрационное рудообразование. – М.: Недра, 1993. – 160 с.

19. *Keller G.* Biotic turnover in benthic Foraminifera across the Cretaceous Tertiary boundary at El Kef, Tunisia//G. Keller//Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. – 1988. – Vol. 66. – P. 153–171.

20. *Sepkoski J. Jr.* Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global data bases//J. Jr. Sepkoski//Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic: result of International Interdisciplinary cooperation in the IGCP project 216 “Global biological events in Earth history”/Berlin: Springer-Verlag, 1995. – P. 35–52.

REFERENCES

1. *Abdulkabirov H. B.* About depth genesis of solutions on uranium deposits in platform’s sediments of depression structures//*Geologiya Kazahstana*. – 1998. – № 2. – P. 40–46. (In Russian).

2. Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine/[Belevtsev Ja. N., Koval V. B., Bakarzhiev A. H i dr.]; pod red. Ja. N. Belevtseva, V. B. Kovalya. – Kyiv: *Naukova dumka*, 1995. – 376 p. (In Russian).

3. *Grushevoy G. V., Pechenkin I. G.* Metallogeny of uranium-bearing sedimentary basins of the Central Asia. – *Moskva: Izd-vo VIMS*, 2003. – 120 p. (In Russian).

4. *Kalashnik A. A.* The geological-structural features of uranium exogenous-infiltration depos-

its in the South-Bugsky ore district of the Ukrainian shield//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2012. – № 3. – P. 33–45. (In Russian).

5. *Kalashnik A. A.* The geological-structural features of uranium exogenous-infiltration deposits in the Ingulo-Inguletsky ore district of the Ukrainian shield//*Nauk. visnyk NHU*. – 2013. – № 3. – P. 11–18. (In Russian).

6. *Kalashnik A. A.* Conformities to law of localization of exogenous-infiltration uranium deposits of the Dneprovsky uranium-coal basin of the Ukrainian Shield in close connect with fault tectonic//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2013. – № 1. – P. 53–68. (In Russian).

7. *Kalashnik A. A.* The new conformities to law of placement and features of formation of industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2014. – № 1. – P. 58–78. (In Russian).

8. *Kalashnik A. A.* New prognostic-evaluation criteria in technology prognosis of forming industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2014. – № 2. – P. 27–54. (In Russian).

9. *Kalashnik A. A.* Prognostication of major endogenous uranium deposits with take into account to features of the Ukrainian Shield lithosphere structure//*Vestnik VGU. Seriya Geologiya*. – 2014. – № 2. – С. 34–42. (In Russian).

10. *Kalashnik A. A.* The role of depth factor in formation of hydrogenous uranium deposits in the Dneprovskaya uranium ore district of the Ukrainian shield//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2012. – № 3. – P. 33–45. (In Russian).

11. *Kalashnik A. A.* The role of the depth factor in formation of exogenous-infiltration uranium deposits in the Bugsky-Dneprovsky uranium district of the Ukrainian shield//*Nauk. visnyk NHU*. – 2012. – № 4. – P. 36–43. (In Russian).

12. *Kalashnik A. A.* The role of the depth factors in formation of endogenous industrial uranium ore formation of the UkrSh//*Zb. naukovykh prats UkrDHRI*. – 2013. – № 3. – P. 33–48. (In Russian).

13. *Kalashnik A. A.* Technology prognostication of industrial endogenous uranium deposits of the Ukrainian Shield (based on the concept of initial concentration of ore components in asthenosphere): [monograph]/A. A. Kalashnik. – Kirovograd: “KLANAU” Publishing House, 2014. – 324 p. (In Russian).

14. *Makarenko N. N., Churzin G. G., Kuzmin A. V.* Model of formation and prospect of development in Ukraine of mineral-resource base of uranium sandstone type deposits//*Tez. Mezhd. nauchno-prakt. konf. “Kirovgeologii – 60 let:*

istoriya, dostizheniya, perspektivy". – (Kiev, Noyabr, 22–23, 2007). – Kiev, 2007. – P. 40–44. (In Russian).

15. Metallic and nonmetallic minerals of the Ukraine. Volume 1. Metallic minerals/ [Hursky D. S., Esipchuk K. E., Kalinin V. I. and dr.]. – Kyiv-Lviv: Izd-vo "Tsentrv Evropy", 2005. – 785 p. (In Russian).

16. Nevesskaya L. A., Goncharova I. A., Daramonova N. P. Identifier of the Miocene's double-wing mollusks of the South-West Eurasia//*Tgudy PIN*. – 1993. – T. 247. – 412 p. (In Russian).

17. Sinchuk V. V. Interconnection technologies for the extraction and processing of uranium ores and the state of balance reserves//*Doklady Mezhd. nauchno-prakt. konf. "Aktualnye problemy geologii, prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdeniy tverdyh poleznyh iskopaemyh"*.

– (Simferopol – Sudak, 27sent. – 3 okt. 2010). – Kiev: *Akademperiodika*, 2011. – P. 118–123. (In Russian).

18. Shmariovich E. M., Maksimov M. F. Stratum-infiltration ore formation. – Moskva: Nedra, 1993. – 160 p. (In Russian).

19. Keller G. Biotic turnover in benthic Foraminifera across the Cretaceous Tertiary boundary at El Kef, Tunisia//*Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 1988. – Vol. 66. – P. 153–171.

20. Sepkoski J. Jr. Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global data bases/ J. Jr. Sepkoski//*Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic: result of International Interdisciplinary cooperation in the IGCP project 216 "Global biological events in Earth history"*/Berlin: Springer-Verlag, 1995. – P. 35–52.

Рукопис отримано 18.11.2015.

Г. А. Калашник, д-р геол. наук, професор КЛАНУ

ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УРАНОВОГО ЗРУДЕННЯ ЕКЗОГЕННО-ІНФІЛЬТРАЦІЙНОГО ТИПУ В САКСАГАНСЬКО-СУРСЬКОМУ РУДНОМУ РАЙОНІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Представлено нові закономірності геолого-структурних умов формування родовищ урану екзогенно-інфільтраційного типу у вуглистій формації палеогену Саксагансько-Сурського рудного району УЩ. Розглянуто можливі джерела урановорудної речовини на основі вивчення закономірностей розподілу урану та елементів-супутників у різновікових породах і зонах глибинних розломів, які мають вплив на металогенію урану в породах осадового чохла. Представлено уточнені комплекси критеріїв та ознак середньомасштабного і великомасштабного прогнозування родовищ екзогенно-інфільтраційного типу в палеогенових відкладах УЩ. Виконано оцінку перспектив розвитку промислового потенціалу уранового зрудення екзогенно-інфільтраційного типу в Саксагансько-Сурському районі УЩ. У межах П'ятихатсько-Сурської площі Саксагансько-Сурського району УЩ виділено ділянки для спеціалізованих пошукових робіт I, II, III стадій перспективності за ступенем прояву встановленої сприятливої сукупності критеріїв та ознак промислового уранового зрудення екзогенно-інфільтраційного типу.

Ключові слова: екзогенно-інфільтраційні родовища урану, промисловий потенціал, тектонічний фактор.

G. A. Kalashnyk, Doctor of Geological Sciences (Sc. D. (G.)), Professor of Kirovograd Flight Academy of National Aviation University (KFA NAU)

ASSESSMENT OF DEVELOPMENT PROSPECTS OF URANIUM ORE MINERALIZATION INDUSTRIAL POTENTIAL OF EXOGENOUSLY-INFILTRATION TYPE IN THE SAKSAGANSKO-SURSKY ORE REGION OF THE UKRAINIAN SHIELD

Useful for working of the method of in-situ leaching sandstone-type deposits in Ukraine are stable profitable. Researching and discovery of new industrial deposits of sandstone type is one of the ways to increase the stability of mineral resources base of uranium Ukraine to changes economic conditions. Real preconditions identifying of new uranium deposits of sandstone geological-industrial types and irregular degree of research of territory Saksagansko-Sursky ore district of the Ukrainian Shield (UkrSh) makes this region one of the most promising fields for the search, which

can be practiced by in-situ leaching method. New regularities geological-structural conditions of formation of uranium deposits exogenously-infiltration type in Paleogene's carbonaceous formations of the Saksagansko-Sursky ore district of the UkrSh presented in the article. Analysis of the main features of the lithofacies complexes of the sandstone uranium deposits presented in the article. The compilation of submissions of the exogenous infiltration uranium deposits with zones of deep faults satisfied. The possible sources of uranium ore material in the formation of uranium industrial deposits of sandstone type are described in the article. These conclusions are based on study of the regularities of distribution of uranium and its satellite elements in sediments and rocks of different ages and in zones of deep faults having influence on metallogeny of uranium in sedimentary cover. An improved complexes criteria and singess for medium-scale and for large-scale prognostication of exogenously-infiltration deposits in the Paleogene's sediments are presented in the article. Assessment of prospects of development of industrial potential of uranium ore exogenously-infiltration type in Saksagansko-Sursky ore district is performed. Within the Pyatihatsko-Surskaya territory of the Saksagansko-Sursky ore district of the Ukrainian Shield prospective areas for further specialized prospecting works highlighted. These areas are divided into I, II, III stage prospects in the degree of appearances of favourable set of criteria and signs of industrial uranium ore occurrences of the exogenously-infiltration type. This research allowed to reduce square for further prospecting an average of two times.

Keywords: *exogenous-infiltration deposits of uranium, industrial potential, tectonic factor.*