

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКЗОГЕННО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А. А. Калашник

*Геологоразведочная экспедиция № 37 КП «Кировгеология», Кировоград, Украина*

Поступила в редакцию 27 февраля 2014 г.

**Аннотация:** рассмотрены результаты исследований новых закономерностей размещения промышленных экзогенно-инфильтрационных месторождений урана осадочного чехла Украинского щита (УЩ). Обоснованы расширенные комплексы критериев мелко- и среднemasштабной стадий прогнозирования промышленного уранового оруденения «песчаникового» типа. Представлены результаты прикладного применения нового подхода в технологии прогнозирования месторождений урана этого типа.

**Ключевые слова:** технология прогнозирования, промышленные экзогенно-инфильтрационные месторождения урана.

### NEW APPROACHES TO PROGNOSTICATION OF INDUSTRY EXOGENOUS-INFILTRATION URANIUM DEPOSITS IN SEDIMENTARY COVER OF THE UKRAINIAN SHIELD

**Abstract:** the results of studies of new regularities the geological-structural distribution features of economic uranium exogenous infiltration deposits in sedimentary cover of the Ukrainian shield (UkrSh) were considered. Extended complexes of criteria for small- and medium-scale stages prognostication of the «sandstone's» type industrial uranium deposits were expounded. Results of applications of new technology prognosis approach for exogenous infiltration uranium deposits were presented.

**Key words:** technology prognoses, industrial uranium exogenously-infiltration deposits.

#### Общая постановка проблемы

Открытие промышленных месторождений полезных ископаемых становится все более трудной задачей. Для ее успешного решения необходима наработка новых эффективных критериев, отражающих специфику локализации месторождений полезных ископаемых и учитывающих последние представления о металлогении. В настоящее время в Украине отрабатывается ряд месторождений урана, принадлежащих, согласно классификации МАГАТЭ, к метасоматическому геолого-промышленному типу (Ватутинское, Центральное, Мичуринское, Новокопачинское). Месторождения этого типа характеризуются низким содержанием урана в руде. Это обстоятельство определяет высокую себестоимость производства и, как следствие, высокую чувствительность сырьевой базы урана Украины к изменению экономических условий. Месторождения песчаникового 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. Часть из ранее выявленных месторождений урана экзогенно-инфильтрационного (песчаникового) типа уже отработаны. Поэтому, важнейшей задачей

является выполнение обоснованных прогнозов на основе разработки новых методологических приемов, для более экономичного и быстрого восстановления утраченных ресурсов, недопущение существенного истощения рентабельных запасов урана, как основного источника сырья для стабильной работы атомной энергетики на современном этапе.

Теоретическое обоснование и модели формирования месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа с разной степенью детальности рассмотрены [1–3]. Исходя из принятой модели образования экзогенно-эпигенетических месторождений урана [3], основным критерием при прогнозировании урановых месторождений песчаникового типа для Днепробасса является наличие зон грунтово-послойного окисления в проницаемых угленосных отложениях осадочного чехла УЩ, сформированных ураноносными водами зоны поверхностного окисления. Главная роль в формировании эпигенетического уранового оруденения принадлежит экзогенным факторам. Предположения о связи экзогенно-эпигенетических месторождений с глубинными процессами высказано [4, 5, 7]. Исследование геолого-структурных особенностей экзогенно-инфильтрационных месторождений урана Ингуло-Ингулецкого, Саксаганско-Сурского и Южно-Бугского рудных районов [8, 9] в связи с разломной тек-

тоникой дало возможность разработать новые критерии прогнозирования и поиска объектов этого типа, пригодных для отработки методом ПВ.

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

### Геолого-структурные и геохимические особенности месторождений экзогенно-инфильтрационного типа УЩ

В осадочном чехле УЩ выделена Бугско-Днепровская металлогеническая область, перспективная на выявление новых объектов промышленного уранового оруденения в зонах пластового окисления угленосной формации. Она включает урановородные районы Южно-Бугский (Садовое, Братское и Ташлыкское месторождения), Ингуло-Ингулецкий (Сафоновское, Девладовское и Христофоровское месторождения) и Саксаганско-Сурский (Новогурьевское, Сурское, Червоноярское, Еленовское, Криничанское, Хуторское и др. месторождения). Все объекты приурочены к субширотной полосе, с палеодолинами, открывающимися на север, в морской бассейн Днепровско-Донецкой впадины, или на юг, в морской бассейн Тетиса (рис. 1).

В образовании палеодолин ведущую роль сыграли эрозионные процессы по тектонически ослабленным зонам и породам, легко подвергавшимся выветриванию. При неотектонических подвижках происходили расширение, переуглубление ранних депрессий, появление новых. По особенностям рельефа, гипсометрическим положением, конфигурацией палеодепрессий, фациям бучакские отложения Днепробасса относятся к комплексам: речному, лагунно-лиманному и озерно-болотному.

Эпигенетические изменения в породах угленосной формации, привнос и перераспределение урана широко

проявлялись в конце плиоцена – начале четвертичного периода (от 1–2 млн лет до 10–20 тыс лет назад [2]).

Решение вопроса об источнике урана для формирования инфильтрационных месторождений имеет важное значение для установления рудоконтролирующих и поисковых критериев. Единства мнений в этом вопросе до сих пор не существует. Питание водоносного горизонта в бучакских отложениях происходило несколькими путями: за счет непосредственной инфильтрации атмосферных осадков, путем поступления вод по склонам палеодепрессий, а также за счет напорных трещинных вод, попадающих непосредственно из зон разломов кристаллических пород фундамента. 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 значительной доле урана, привнос которого осуществлялся ураноносными растворами по тектоническим нарушениям, пересекающим палеодепрессию.

Анализ геолого-структурных особенностей размещения экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в рудных районах Бугско-Днепровской металлогенической области выявил их контролирование зонами глубинных долгоживущих разломов преимущественно широтного простирания (Субботско-Мошоринским, Девладовским, Братским, Софиевско-Криничеватским), испытавшими неотектонические подвижки (рис. 1).

Месторождения урана песчаникового типа в этой области локализованы преимущественно в широтных отвержках палеодепрессий при субмеридианальном направлении региональных дрен (рис. 2). При неотектонических подвижках в узлах пересечения разломов нередко возникали полужамкнутые бассейны,

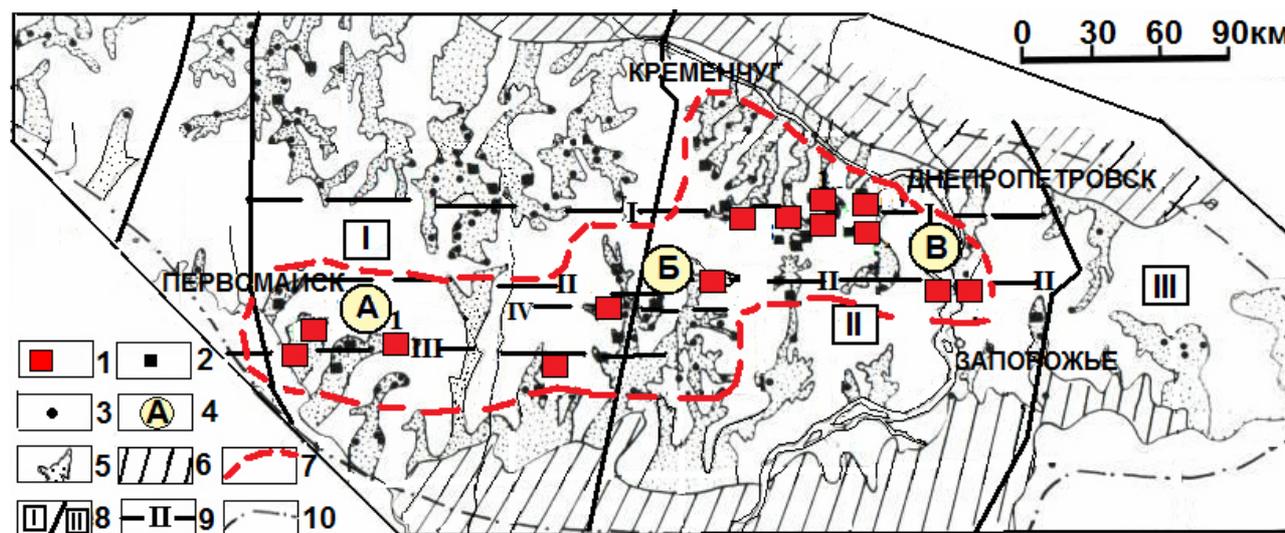


Рис. 1. Обзорная схема Днепровского ураноугольного бассейна в отложениях эоцена: 1 – месторождения урана экзогенно-инфильтрационного типа; 2 – рудопроявления, 3 – точки минерализации, 4 – рудные районы: А – Южно-Бугский, Б – Ингуло-Ингулецкий, В – Саксаганско-Сурский; 5 – палеодепрессии эоценового возраста,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

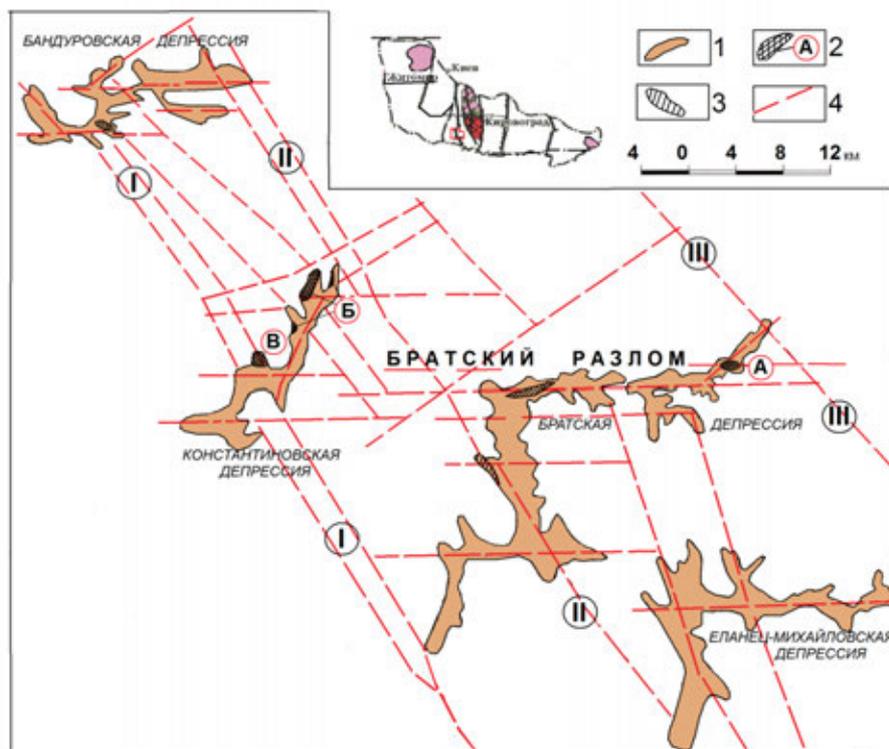


Рис. 2. Схема распространения эоценовых отложений с металлогенической нагрузкой в Южно-Бугском урановорудном районе УЩ. Условные обозначения: 1 – контур распространения углистых отложений бучакского возраста; 2 – месторождения урана в буроугольных отложениях: А – Братское, Б – Садовое, В – Ташлыкское; 3 – рудопроявления урана в буроугольных отложениях; 4 – разломы в кристаллическом фундаменте: I – Ташлыкский, II – Николаевский, III – Анновский.

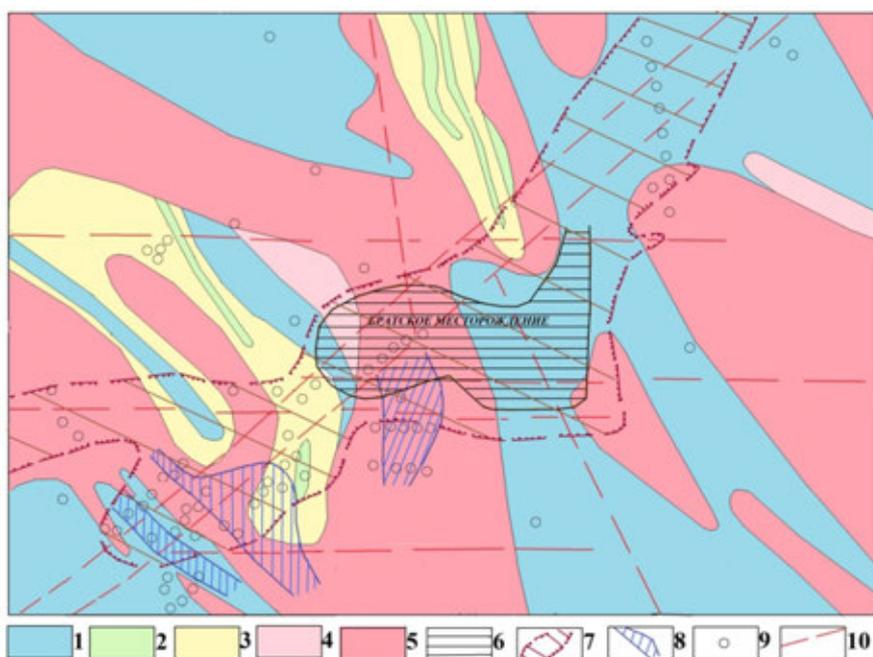


Рис. 3. Геологическая схема пород докембрия района Братского месторождения (по материалам КП «Кировгеология» с изменениями и дополнениями автора). Условные обозначения: 1 – гнейсы гранат-биотитовые (PR<sub>1</sub>), 2 – гнейсы биотитовые (PR<sub>1</sub>), 3 – гнейсы пироксеновые (PR<sub>1</sub>), 4 – мигматиты биотитовые (PR<sub>1</sub>), 5 – граниты биотитовые (PR<sub>1</sub>), 6 – площадь Братского месторождения в бучакских отложениях, 7 – контур распространения бучакских отложений, 8 – ореолы повышенных содержаний урана в первичных каолинах, 9 – скважины, вскрывшие повышенные содержания урана в кристаллических породах, 10 – тектонические нарушения, выделенные по гравимагнитным данным.

в которых в латеральном направлении водообмен был затруднен. Контроль оруденения вертикальной геохимической зональностью осуществлялся преимущественно за счет разгрузки восходящего потока урано-

носных растворов. Последний был связан с зонами разломов, а не с латеральным поступлением грунтовых вод, обогащенных ураном (рис. 3).

На месторождениях Южно-Бугского, Ингуло-Ингулецкого, Саксаганско-Сурского рудных районов отмечено накопление вместе с ураном и других элементов (Se, Re, Y, Mo, Sr, Cr, Ni, Zn, Ti и др.). В разрезе аномальные концентрации рудных элементов

преимущественно приурочены к контуру урановых залежей, а не к определенным типам бучакских отложений и пород кристаллического фундамента (табл. 1).

Таблица 1

Содержания элементов-спутников урана по Братскому месторождению

Элементы	Максимальные содержания, $n \times 10^{-3}\%$	Коэффициенты концентрации	Фоновые содержания элементов по Братскому месторождению, $n \times 10^{-3}, \%$				
			граниты и мигматиты	гнейсы	Кора выветривания		Различные типы бучакских отложений
					по гранитам и мигматитам	по гнейсам	
Молибден	50	500	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Кобальт	50	500	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Цинк	300	300	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0
Медь	100	300	0,4	1,0	0,4	0,9	0,2 – 0,3
Никель	100	200	0,1	1,5	0,2	0,8	0,3 – 0,5
Свинец	30	75	1,2	0,1	0,6	0,1	0,1 – 0,4
Ванадий	20	30	0,1	2,5	0,5	2,0	0,4 – 0,7

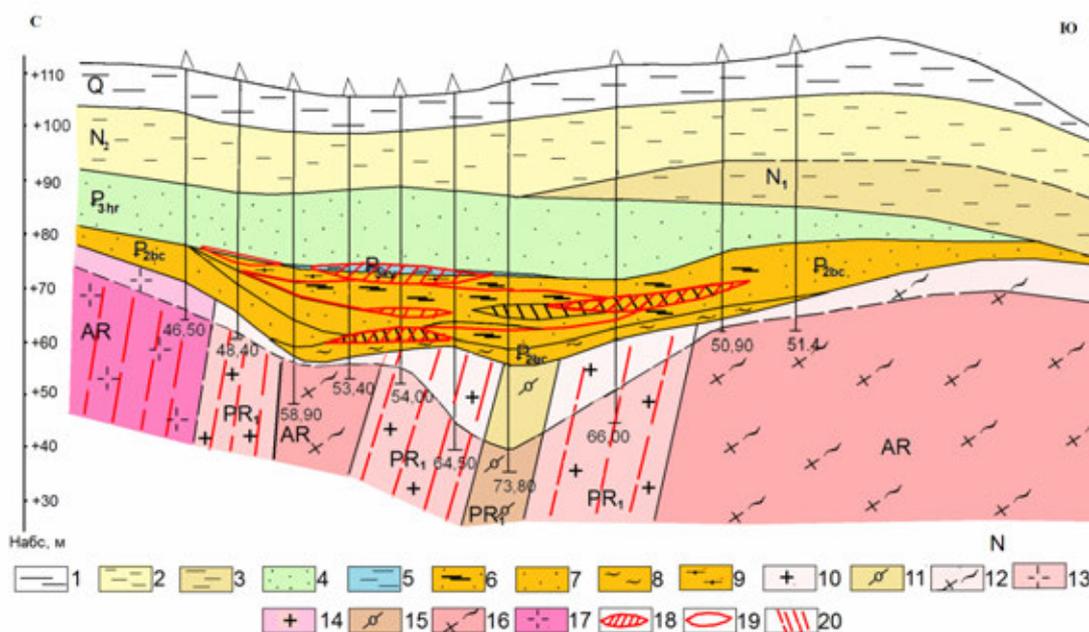


Рис. 4. Геологический разрез через центральную часть Криничанского месторождения (Саксаганско-Сурский рудный район, Среднеприднепровский мегаблок УЩ). Условные обозначения: Осадочные отложения: 1 – суглинки, 2 – бурые глины; 3 – серые глины, 4 – пески серые, среднезернистые, 5 – голубовато-серые глины, 6 – пески углистые, 7 – пески слабоуглистые, 8 – вторичные каолины, 9 – глины углистые; кора выветривания по: 10 – гранитам плагиомиоклиновым, 11 – мигматитам розовым, 12 – мигматитам серым, 13 – аплит-пегматоидным гранитам, докембрийские породы: 14 – граниты плагиомиоклиновые, 15 – мигматиты розовые, 16 – мигматиты серые, 17 – аплит-пегматоидные граниты; 18 – зоны богатого комплексного (U, Mo, Co, V, Zn, Cu, Ni) оруденения, 19 – зоны уранового оруденения, 20 – дизъюнктивы Субботско – Мошоринской зоны разломов.

Аномальные концентрации урана и его элементов-спутников телескопируются над контролирующими рудные аккумуляции обводненными зонами разломов в фундаменте, в свою очередь, иногда обогащенными ими (рис. 4).

На участках пересечения разломными зонами депрессий, в связи с активизацией водообмена, усиле-

нием дебита подземных вод, интенсивность рудообразования существенно возростала. В структурных узлах, образованных пересечением разломами водоносных горизонтов, вероятно, происходило смешение эндогенных ураноносных растворов и экзогенных пластовых вод.

### Региональные критерии и признаки уранового оруденения песчаникового типа

Решающее значение для формирования промышленных объектов экзогенно-инфильтрационного уранового оруденения в бучакской толще Ингуло-Ингулецкого, Саксаганско-Сурского и Южно-Бугского рудных районов имел тектонический фактор. Именно он, наряду с экзогенными обстоятельствами, во многом предопределил закономерности размещения и условия локализации месторождений урана. Уточненные рациональные комплексы региональных критериев и признаков уранового оруденения в угленосных отложениях палеогена УЩ синтезируют все положительное, наработанное специалистами КП «Кировгеология» [3], а также вновь выявленные закономерности.

На стадии мелкомасштабного прогнозирования 1:500 000, 1:200 000 используют критерии: 1 – тектонические и радиогидрогеологические, в связи с разломной тектоникой. Выделяют зоны региональных долгоживущих разломов с установленными неотектоническими подвижками на участках пересечения с бучакскими палеодолинами, радиогидрогеологическими ореолами урана (служат областями разгрузки восходящих потоков ураноносных растворов в вышележащих отложениях). Среди них – участки тектонических зон с радиохимической урановой специализацией в пределах долгоживущих разломов, источники разновозрастных концентраций урана, ураноносных растворов; 2 – литолого-фациальные, в т.ч.: присутствие в палеодепрессиях угленосной формации; специфический состав литолого-фациальных комплексов этой формации (в порядке убывания перспективности – речного, лагунно-лиманного, озерно-болотного); наличие над угленосной толщей водоупора; 3 – гидрогеологические – размещение угленосных отложений выше уровня региональных дрен; 4 – радиохимические – присутствие в пределах водосборов кристаллических пород с повышенным радиохимическим фоном; U минерализация в породах угленосной формации, в т.ч. в связи с зонами пластового окисления; аномальные концентрации U в пластово-трещинных водах.

На стадии среднемасштабного прогнозирования 1:100 000, 1:50 000 тектонические критерии сохраняют ведущее значение; масштаб их проявления иной. Учитываются: 1 – зоны региональных долгоживущих разломов, активизированные на неотектоническом этапе – участки пересечения с бучакскими палеодолинами (области разгрузки восходящих потоков ураноносных растворов в вышележащих толщах); 2 – фрагменты долгоживущих разломов с радиохимической урановой специализацией, благоприятными гидродинамическими условиями (источники разновозрастных концентраций урана); 3 – области благоприятного литологического состава отложений (угленосность, преимущественно русловые фации); 4 – благоприятная эпигенетическая зональность (критические области); 5 – наличие водоупора над угленосной толщей; 6 – повышенные концентрации U в угленосных

отложениях, вмещающих породах и породах водосбора; 7 – большие масштабы водосборных площадей (десятки, сотни кв. км), грунтовые воды которых питают палеодепрессии; 8 – гидравлические уклоны между областями питания и разгрузки.

### Перспективы экзогенного промышленного уранового оруденения Бугско-Днепровской металлогенической области УЩ

На основе последовательного использования уточненных комплексов критериев и признаков месторождений песчаникового типа выполнены прогнозные построения для Бугско-Днепровской урановорудной металлогенической области (рис. 5).

Поисковый интерес на объекты урана песчаникового типа в зоне влияния Братского глубинного разлома представляют слабо изученные Еланец-Михайловская депрессия, верховье Константиновской депрессии, боковые отвержки Бандуровской депрессии (Братская № 1 и Бандуровско-Константиновская № 2) перспективные урановорудные площади.

В Ингуло-Ингулецком рудном районе (Новобугская № 3 и Сафоновская № 4 палеодепрессии) заслуживает изучения периферия их верховий. Здесь в сфере влияния долгоживущих Девладовского и Софиевско-Криничеватского глубинных разломов стоит попытаться открыть новые ответвления с зонами пластового окисления, большим объемом русловых фаций угленосной толщи под водоупором киевской свиты и сармата.

Перспективны на новые промышленные объекты в угленосной толще также верховья Западно-Криворожской палеодепрессии и ее ответвления. На Никопольской № 5 палеодепрессии требует обследования зона застойного режима в водоносном горизонте бучакского яруса с аллювием второго типа, переходного к лагунно-лиманному комплексу. Ее контролирует уступ фундамента по широтному Софиевско-Криничеватскому разлому. В ранее выделенной Пятихатско-Сурской (№ 6) рудной площади перспективны широтные осложнения депрессий Сурской депрессии (Девладовский разлом), Саксаганской, Верховцевской и Верхнеднепровской с дизъюнктивами Субботско-Мошоринского разлома.

Лишь 40% территории Саксаганско-Сурского рудного района покрыто специализированными работами в масштабах 1:50 000 и крупнее (участки месторождений), остальные – мельче 1:200 000. В этом наименее изученном рудном районе Бугско-Днепровской металлогенической области стоит сконцентрировать поиски объектов, пригодных для отработки методом подземного выщелачивания.

Содержание урана в кристаллических породах, подстилающих отложения Саксаганско-Сурского района, лишь  $1,5-2,0 \times 10^{-4}\%$ . Значимые эндогенные концентрации в бассейне водосбора отсутствуют. Основным источником элемента являются ураноносные растворы зон глубинных разломов. Следовательно, площади опознания первой очереди стоит ограничить областями благоприятного литологического сос-

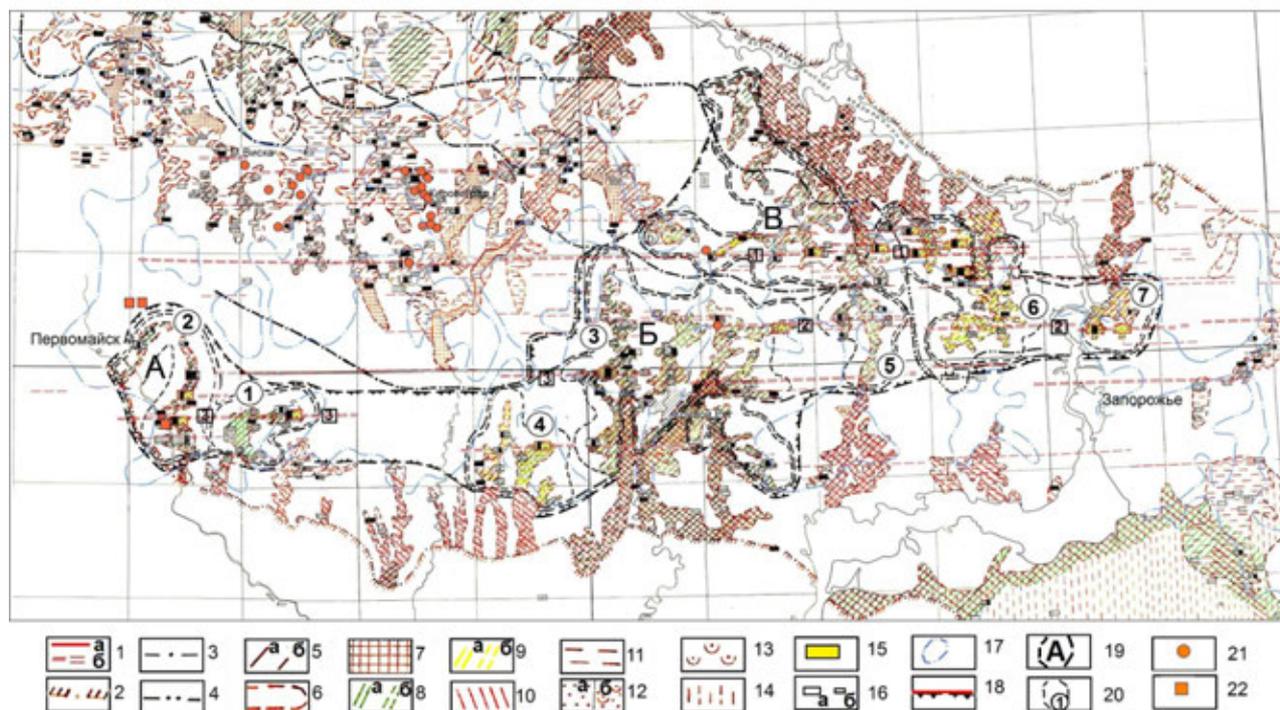


Рис. 5. Схема совмещенных критериев и признаков уранового оруденения в отложениях угленосной формации палеогена Днепробасса УЩ (по материалам КП «Кировгеология») с дополнениями и изменениями автора. Условные обозначения: 1 – линейменты широтных разломов: а – испытавших неотектонические подвижки (цифры в квадратиках) 1 – Субботско-Мошоринский, 2 – Девладовский, б – иные, 2 – граница развития морских отложений бучацкого яруса, 3 – палеогеновый региональный водораздел, 4 – современный региональный водораздел, 5 – участки депрессий с развитием углисто-глинистой пачки в верхней части разреза бучацкого 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; 11 – озерно-болотный литофациальный комплекс водораздельных замкнутых или полужамкнутых водоемов, 12 – речной литофациальный комплекс с преобладанием в разрезе а – русловых, б – пойменных фаций; 13 – лагунно-лиманный литофациальный комплекс; 14 – отложения неясной фациальной принадлежности; ранжирование рудных объектов: 15 – месторождения, 16: а – рудопоявления, б – проявления; 17 – контуры радиогидроаномалий высокого и повышенного содержания урана в подземных водах пород фундамента; 18 – граница Бугско-Днепровской металлогенической области; 19 – границы рудных районов: А – Южно-Бугский, Б – Ингуло-Ингулецкий, В – Саксаганско-Сурский; 20 – рудные и потенциально-рудные площади; эндогенные месторождения урана: 21 – в карбонатно-натриевых метасоматитах, 22 – калий-урановой формации

тава среднего эоцена (угленосность, ураноносность, водопроницаемость подошвы) и перекрывающей толщи (непроницаемая кровля), эпигенетической зональности (критические области), зонами влияния глубинных разломов с ореолами радиогидрогеохимических аномалий в трещинных водах фундамента. Последние присутствуют в широтных зонах Субботско-Мошоринского и Девладовского разломов с благоприятными гидродинамическими условиями. Перспективные участки второй очереди характеризуются наличием критических областей в зонах влияния глубинных разломов с относительной удаленностью бассейна разгрузки подземных вод. Незначительное превышение поверхности угленосных отложений обуславливает малый напорный градиент подземных вод. Участки третьей очереди имеют невыясненную перспективность из-за отсутствия геологических данных. Тем не менее, они размещены в зонах влияния глубинных разломов, предполагаемых критических областей в угленосной толще и представляют практичес-

кий интерес.

Результаты среднемасштабного прогнозирования с выделением перспективных для опосредования участков разной очередности для Пятихатско-Сурской рудной площади Саксаганско-Сурского рудного района представлены на рис. 6.

### Выводы

Новые закономерности, выявленные при изучении уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа, позволили скорректировать приемы прогноза и поисков промышленных месторождений урана в осадочных отложениях УЩ. Новая комплексная прогнозная оценка потенциала промышленного уранового оруденения песчаникового типа, позволила наметить ряд перспективных объектов, целенаправленно направить поисковую активность на приращение промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

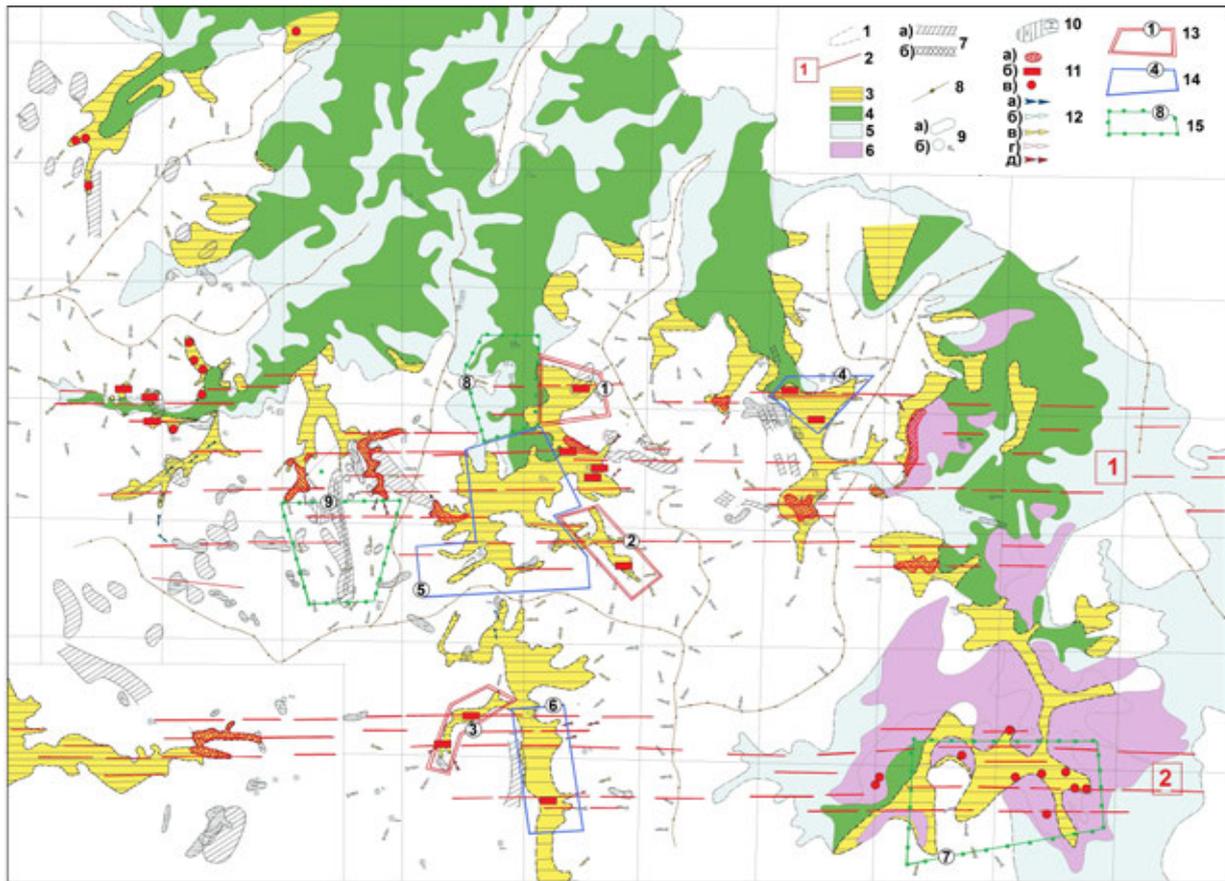


Рис. 6. Схема прогноза месторождений урана в угленосной толще палеогена Пятихатско-Сурской рудной площади Саксаганско-Сурского рудного района УЩ (с использованием материалов КП «Кировгеология»). Условные обозначения: 1 – контур распространения угленосных отложений, 2 – линейменты широтных разломов, испытавших 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 содержание урана в подземных водах: 1)  $5-10 \times 10^{-4}\%$ , 2)  $1-5 \times 10^{-4}\%$ ; 11 – ранжирование рудных объектов: 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 опоскования: 13 – I очереди; 14 – II очереди, 15 – III очереди

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Под ред. Я.Н. Белевцева, В.Б. Ковалю. – К.: Наук. думка, 1995. – 376 с.  
 2. Гурский, Д.С. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые / Д.С.Гурский, К.Е. Есипчук, В.И.Калинин [и др.]. – Киев. – Львов: Центр Европы, 2005. – 785 с.  
 3. 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. науч.-практ. конф. «Кировгеология – 60 лет: история, достижения, перспективы». – Киев: Кировгеология, 2007. – С. 40–44.  
 4. Абрамович, И.И. Металлогения / И.И. Абрамович – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. – 328 с.  
 5. Шмаривич, Е.М. Пластовоинфильтрационное рудообразование / Е.М. Шмаривич, М.Ф. Максимов. – М.: Не-

дра, 1993. – 160 с.

6. Абдулкабиров, Х.Б. О глубинном происхождении рудоторов на урановых месторождениях в платформенных отложениях депрессионных структур / Х.Б. Абдулкабиров // Геология Казахстана. – 1998. – № 2. – С.40–46.  
 7. Грушевой, Г.В. Металлогения ураноносных осадочных бассейнов Центральной Азии / Г.В. Грушевой, И.Г. Печенкин. – М.: Изд-во ВИМС, 2003. – 120 с.  
 8. Калашник, А.А. Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Южно-Бугском рудном районе Украинского щита / А.А. Калашник // 36. наук. праць УкрДГРІ. – 2012. – № 3. – С.33–45.  
 9. Калашник, А.А. Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Ингуло-Ингулецком рудном районе Украинского щита / А.А. Калашник // Наук. вісник НГУ. – 2013. – № 3. – С. 11–18.

Геологоразведочная экспедиция № 37 КП «Кировгеология», Кировоград, Украина  
 А.А. Калашник, главный геофизик, доктор геологических наук  
 E-mail: kalashnik\_annal@mail.ru Тел.: +380955639884

Exploration expedition № 37, State enterprise "Kirovgeology", Kirovograd, Ukraine  
 G.A. Kalashnyk, Chief Geophysicist, Doctor of Geological Sciences  
 E-mail: kalashnik\_annal@mail.ru Тел.: +380955639884