



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ АЭРОГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. Г. Лященко, Е. Н. Махнач, Г. М. Тригубович, М. И. Карпухин

На материалах АГС-съемки показана возможность выявления структур с высокой проницаемостью разреза, контролирующей области нефтегазоаккумуляции, путем картирования зон эпигенетического перераспределения радиоэлементов (ЗПР). Показано сходство и различие между ураноносными (рудоносными) и нефтегазоносными ЗПР. Обоснована постановка опережающей АГС-съемки на нефтегазоперспективных площадях.

**Ключевые слова:** зона перераспределения радиоэлементов (ЗПР), область нефтегазоаккумуляции, корреляционный ореол (минимум), энергоподводящая структура.

## INTERPRETED RESULTS OF AEROGAMMA-SPECTROMETRIC SURVEY IN THE SOUTHERN SIBERIAN PLATFORM

N. G. Lyashchenko, E. N. Makhnach, G. M. Trigubovich, M. I. Karpukhin

AGS-survey data present a way of revealing structures having a high permeability section and controlling over oil-and-gas accumulation regions by mapping zones of epigenetic radioelement redistribution (RRZ). Similarities and distinctions between uranium-bearing (ore-bearing) and HC-bearing RRZs are shown. Advance AGS survey over areas promising for HC raw materials is substantiated.

**Key words:** radioelement redistribution zone (RRZ), oil-and-gas accumulation region, correlation aureole (minimum), energy-supplying structure.

В отечественной практике прогнозно-поисковых работ на нефтегазовые месторождения широко применяется аэрогамма-спектрометрическая съемка (АГС). Она проводится под руководством Ф. Д. Лазарева (ВСЕГЕИ), Р. С. Контаровича (ГНПП «Аэрогеофизика»), Г. Я. Дидичина (ГП «Сибирьгеофизика») и др. Наземная гамма-спектрометрия как составная часть радиометрических исследований на углеводородных объектах в основном практикуется в ТПУ под руководством Л. П. Рихванова.

Основанием для проведения интерпретации материалов АГС-съемки на южном обрамлении Сибирской платформы, выполненной ГНПП «Аэрогеофизика» в 2005–2007 гг. и ГП «Сибирьгеофизика» в 2009 г., послужили результаты нашей обработки результатов мелкомасштабной АГС урановорудных районов [4–6], исследования других авторов [1, 2, 3, 7] и материалы по наземной спектрометрии на нефтяных и нефтегазовых месторождениях Западной Сибири [8–10].

Интерпретация заключалась в выявлении участков с аномально нарушенной структурой первичных (фоновых) гамма-спектрометрических полей – зон эпигенетического перераспределения радиоэлементов (ЗПР) – с помощью корреляционного анализа содержания урана, тория и калия. Такие зоны фиксировались во всех изу-

ченных нами ураново- и золоторудных районах, везде установлена закономерность, общая для месторождений как урана, так и коренного золота, – приуроченность рудных объектов, в первую очередь крупномасштабных, к периферийной области ЗПР. Были определены и наиболее информативные корреляционные ореолы – торий-калиевые и уран-калиевые [4, 5].

Особый интерес представляют результаты, полученные на нефтяных и нефтегазовых месторождениях (Западно-Полуденное, Мыльдзинское, Северо-Васюганское и др.), где аномальные корреляционные ореолы радиоэлементов выявлены над всеми УВ-вмещающими купольными структурами в пределах водогазонефтяных контактов [6]. Это позволило нам в сочетании с регистрацией ЗПР в различных геотектонических областях (от горноскладчатых до платформенных со значительной мощностью нелитифицированных отложений плитного комплекса) определить физическую сущность ЗПР как области высокой сквозной (с выходом на дневную поверхность) проницаемости разреза [5].

Анализ гравиметрических карт по урановорудным районам показал, что под ураноносными ЗПР отчетливо просматриваются крупные, размерами, как правило, больше, чем ЗПР, положительные структуры – тектонические поднятия фундамента или куполовидные структуры, преимущественно тектономагматические [6]. Такая жесткая пространственная совместимость ЗПР и подсти-



лающих структур предопределяет наличие генетической связи между ними.

Известно, что нефтегазоносные области тяготеют к определенным, чаще всего положительным, структурам фундамента, поэтому полученные на рудных объектах результаты позволили надеяться на получение положительных результатов и на нефтегазоносных площадях.

Учитывая параметры съемок и исходя из размеров областей нефтегазонакопления, расположенных на исследуемой площади, материалы азрогамма-спектрометрии были перестроены в мелкомасштабную матричную форму, аналогичную той, которая применялась на урановых месторождениях.

В результате обработки в пределах площади отчетливо проявились четыре аномальные области (ЗПР), приуроченные к известным положительным структурам фундамента – Камовскому и Непскому сводам, Собинско-Тэтэрскому и Богучано-Манзинскому выступам (рис. 1).

Собинская и Богучанская ЗПР оконтурены практически полностью, а две другие (Камовская и Непская), расположенные на краях съемочной площади, – лишь частично.

**Камовская ЗПР** расположена на западной оконечности площади, в плане выражена в виде кольцеобразной изометричной структуры размером в поперечном сечении ориентировочно 300 км. Локальные уран-калиевые и торий-калиевые корреляционные ореолы (минимумы) располагаются по периметру ЗПР, образуя приграничную аномальную зону шириной 50–60 км. В центральной области интенсивность корреляционных полей остается практически на уровне фона.

*Гравитационное* поле носит в целом спокойный характер (рис. 2), осложненный изометричными минимумами, обусловленными, как нам представляется, аномалиеобразующими интрузивными телами (батолитами), скорее всего кислого или среднего состава.

*Магнитное* поле, за незначительными исключениями, слабодифференцированное, слабопеременное положительное (рис. 3). Вдоль восточной и юго-восточной границ прослеживается область пониженного (до отрицательного) поля, совпадающая с областью положительного гравитационного поля. С западной стороны вдоль предположительной границы ЗПР отчетливо видна дугообразная протяженная положительная аномалия. Некоторое повышение степени дифференцированности магнитного поля отмечается в местах расположения аномальных корреляционных ореолов.

Область нефтегазонакопления, представленная Юрубченским, Куюмбинским, Оморинским и другими месторождениями, находится в центральной части ЗПР, практически полностью заполняя пространство между аномальными корреляционными ореолами.

**Собинская ЗПР** располагается в центре исследованной площади. Форма ЗПР – вытянутый в широтном направлении овал размером 240×140 км. Аномальные корреляционные ореолы сосредоточены по периметру ЗПР; в центральной области, как и в предыдущем случае, ореолы фоновые. Уран-калиевые и торий-калиевые корреляционные ореолы пространственно совпадают.

*Гравитационное* поле характеризуется тем, что на малоинтенсивном отрицательном фоне в северной половине площади ЗПР выделяются положительные, изометричные и протяженные аномалии. В южной половине отрицательные минимумы образуют аномальную зону, вытянутую в северо-восточном направлении.

*Магнитное* поле невысокой интенсивности, но значительно дифференцировано. Как и гравитационное, оно разделяется на две примерно равные части по той же линии раздела. Поле в северной половине преимущественно положительное переменное, лишь вдоль границы ЗПР отмечаются участки отрицательного, в южной – знакопеременное высокодифференцированное. В экзоконтактной области ЗПР на удалении 10–15 км вдоль западной границы ЗПР прослеживается аномальная зона, состоящая из чередующихся (с интервалом примерно 10 км) локальных положительных аномалий.

Область нефтегазонакопления (Собинское, Верхнеджелингуковское и Пайгинское месторождения) находится в центре ЗПР, на юго-восточном склоне положительной гравитационной разделительной аномалии в виде лентовидной залежи, сужающейся в северо-восточном направлении.

**Непская ЗПР** закартирована на восточном окончании площади и выделяется наиболее интенсивными корреляционными полями. Это наиболее крупная из всех выявленных на площади ЗПР. Она отличается некоторой хаотичностью в распределении корреляционных ореолов, что, скорее всего, связано с повышенной интенсивностью процессов в фундаменте, ответственных за аномальное перераспределение радиоэлементов.

Положительное *гравитационное* поле практически совпадает с границей ЗПР, за исключением приграничной области. Локальные положительные аномалии сконцентрированы в центральной части.

*Магнитное* поле интенсивное переменное. Области отрицательного и положительного полей распределены примерно поровну. Вдоль восточной и западной границы ЗПР прослеживаются узкие протяженные положительные аномалии.

Область нефтегазонакопления, контролируемая Непской ЗПР, включает Даниловское, Верхнечонское, Тымпучиканское, Талаканское, Чаядинское и Таранское месторождения и хорошо совмещается с площадью развития локальных гравитационных максимумов. Преимущественное положение УВ ареала между торий-калиевыми

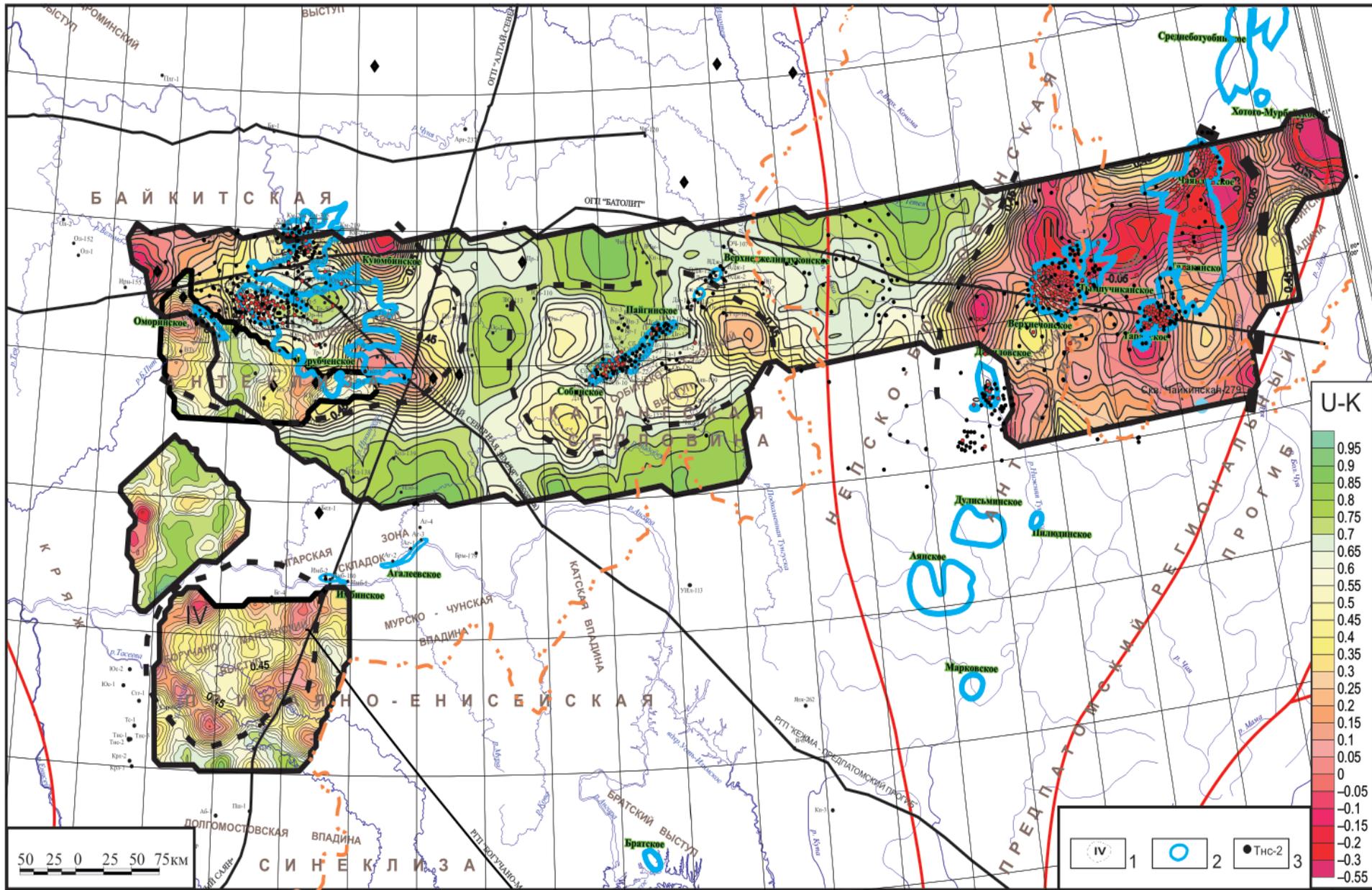


Рис. 1. Карта поля корреляции урана и калия южной части Сибирской платформы

1 – ЗПР (I – Камовская, II – Собинская, III – Непская, IV – Богучанская); 2 – области нефтегазоаккумуляции; 3 – скважины



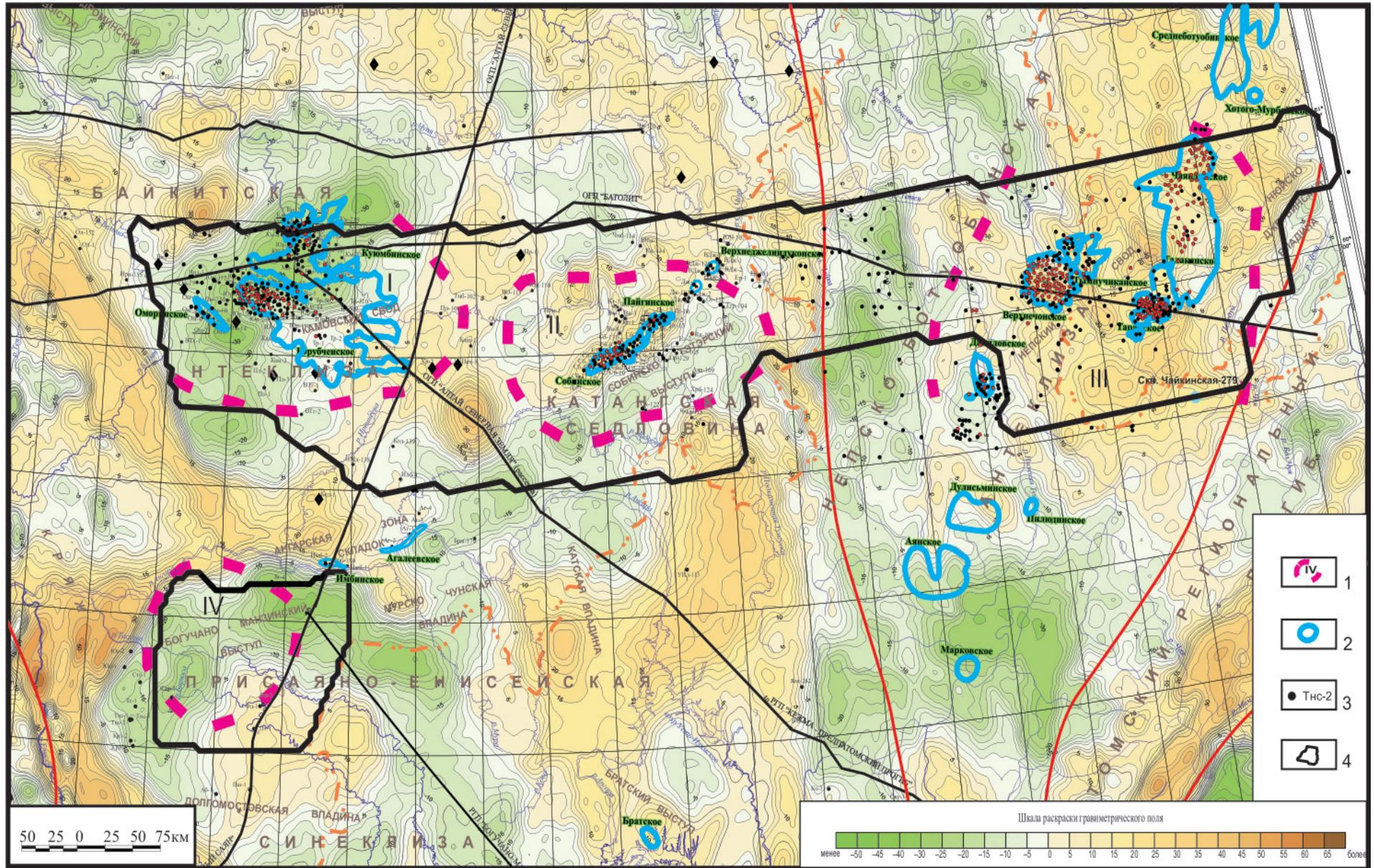


Рис. 2. Карта гравитационного поля южной части Сибирской платформы

1 – ЗПР (I – Камовская, II – Собинская, III – Непская, IV – Богучанская); 2 – области нефтегазоаккумуляции; 3 – скважины; 4 – контуры АГС-съемки

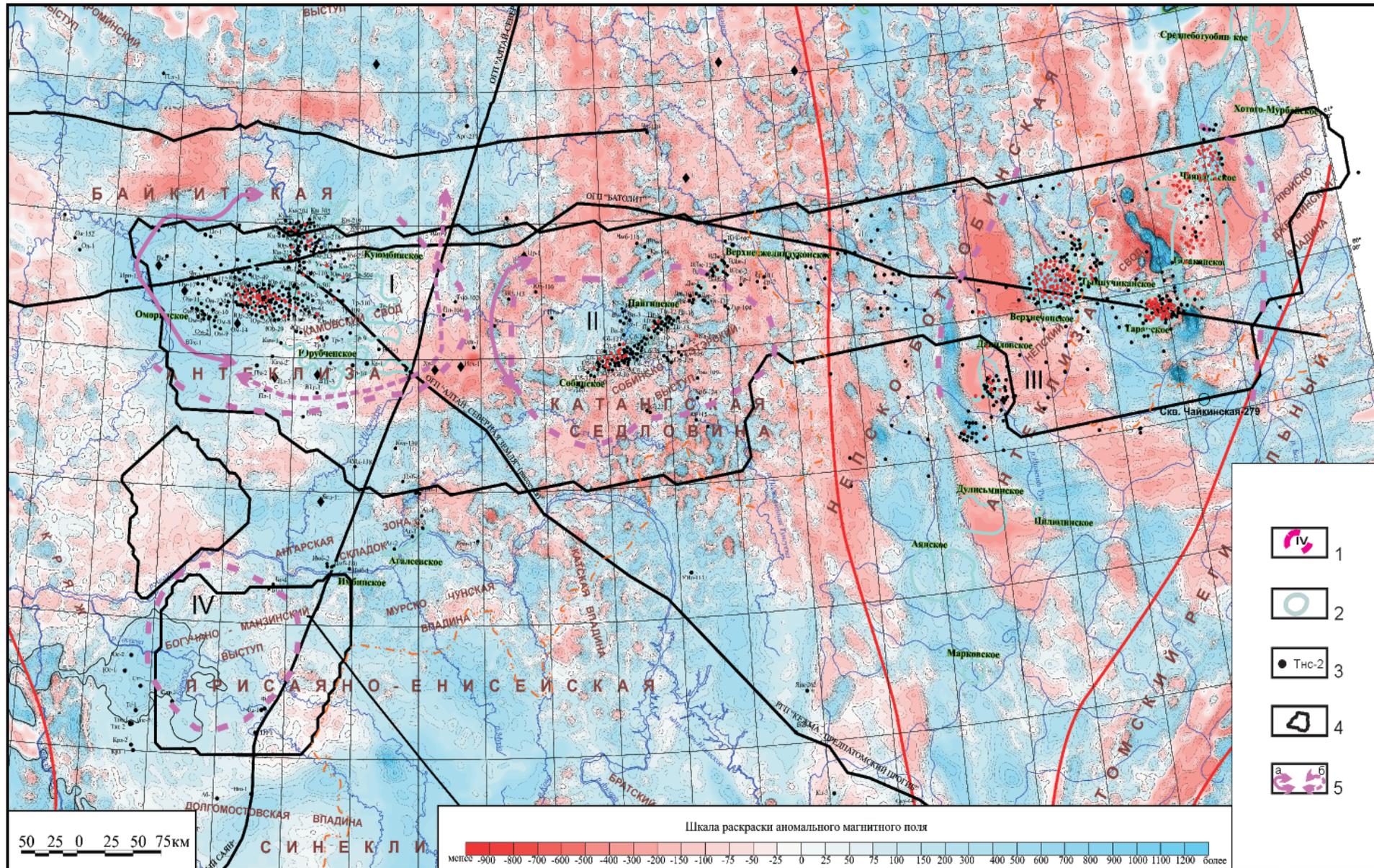


Рис. 3. Карта аномального магнитного поля южной части Сибирской платформы

1 – ЗПР (I – Камовская, II – Собинская, III – Непская, IV – Богучанская); 2 – области нефтегазоаккумуляции; 3 – скважины; 4 – контуры АГС-съемки; 5 – оси магнитных положительных (а) и отрицательных (б) аномалий



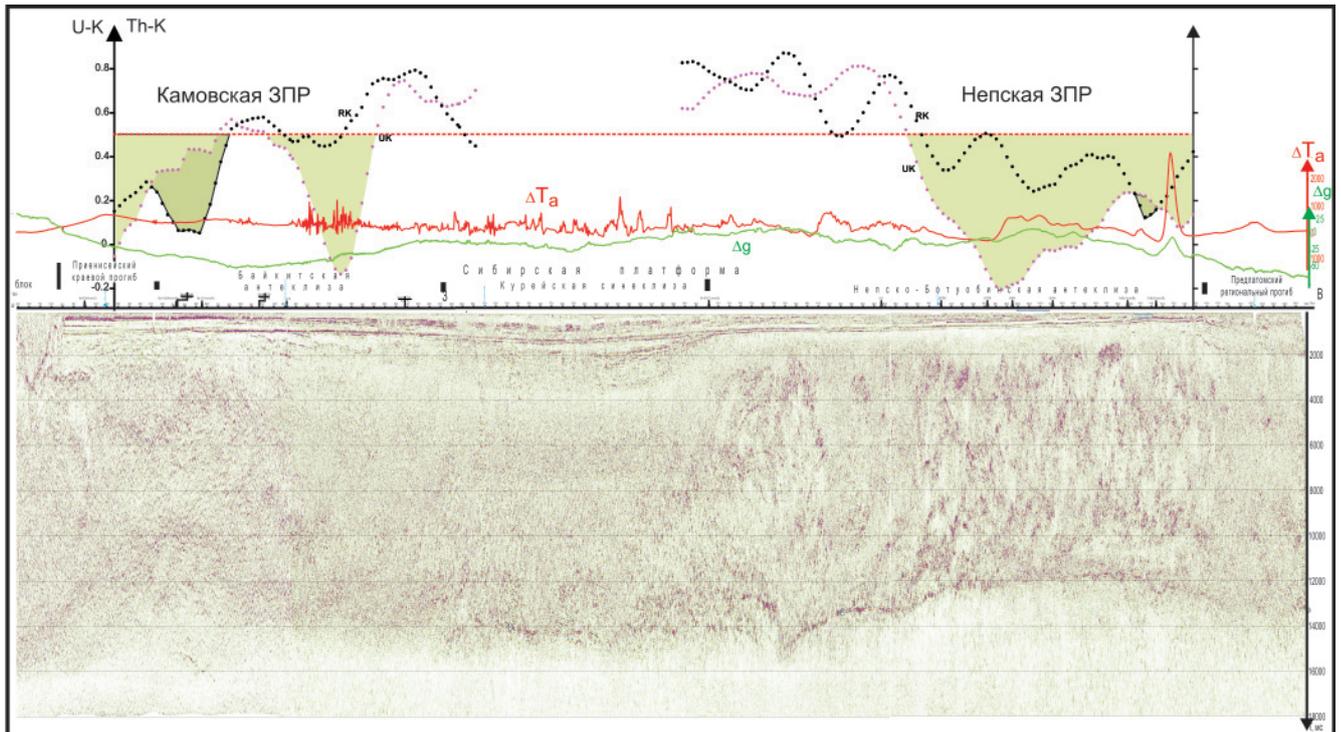


Рис. 4. Графики корреляции урана и калия (UK), тория и калия (RK), гравитационного ( $\Delta g$ ) и аномального магнитного ( $\Delta T_a$ ) полей южной части Сибирской платформы вдоль сейсмического разреза по линии ОГП «Батолит»

корреляционными ореолами здесь тоже прослеживается отчетливо.

**Богучанская ЗПР** располагается на юго-западе исследуемой площади. По виду это правильная (классическая) кольцевая структура диаметром 125 км. Корреляционные минимумы распространены строго по периметру практически равномерно через 35–50 км и в сумме создают почти сплошное кольцо шириной 25–35 км. Вероятнее всего, полученная картина обусловлена не только геологическими особенностями, но и качеством исходного материала и масштабом съемки (1:50 000).

*Гравитационное* поле, кроме небольшого участка в юго-восточной части, отрицательное. Локальные, но довольно крупные минимумы обусловлены, по всей видимости, батолитоподобными интрузивными телами.

*Магнитное* поле довольно спокойное положительное. Малоинтенсивные отрицательные локальные аномалии небольших размеров находятся в приграничной области вдоль восточной и северной границ ЗПР.

В настоящее время район Богучанской ЗПР рассматривается лишь как потенциально нефтегазоносная площадь [7]. На удалении 35–40 км от ЗПР за границей АГС-съемки имеется небольшое Имбинское месторождение.

На наш взгляд, объяснить столь масштабные перестройки в структурах полей содержания радиоэлементов экзогенными процессами невозможно. До такой степени деформировать разрез (высокой сквозной проницаемости) способны лишь эндогенные процессы. Необходимый энер-

гетический потенциал может поступить только из глубинного источника, скорее всего из фундамента. Поэтому очень важна установленная нами связь ЗПР с подстилающими их положительными глубинными структурами, которые, на наш взгляд, и могут быть энергоподводящими элементами.

Ситуация в урановорудных районах показывает, что далеко не всегда границы ЗПР и подстилающих структур совпадают. Иногда ЗПР занимают только часть структуры, как, например, Алейская в Кулундинско-Барнаульской впадине [6].

Аналогичная картина наблюдается и в нефтегазоносных районах. На сейсмическом разрезе по ОГП «Батолит» (рис. 4), пересекающему Камовскую и Непскую ЗПР, хорошо видно подобное несовпадение границ. Полное совпадение совсем необязательно, так как ЗПР является отражением исключительно проницаемых блоков.

На том же сейсмическом разрезе видна разница между Камовским и Непским сводами: различная глубина залегания поверхности фундамента, различный вещественный состав, разная внутренняя структура. По-видимому, эти причины обусловили разницу в интенсивности корреляционных полей и организации ЗПР.

Приведенные данные показывают, что области нефтегазонакопления в потенциальных полях как объекты поиска при мелкомасштабных прогнозно-поисковых работах нельзя объяснить одними и теми же причинами. Каждая область (объект) характеризуется практически только ей свойственными параметрами.

В этом плане значительно привлекательнее выглядят результаты аэрогамма-спектрометрии в



виде ЗПР как структур, одинаково присущих всем областям нефтегазоаккумуляции, т. е. ЗПР, по сути, становится весьма надежным структурным поисковым критерием на рудные и углеводородные объекты.

Несмотря на небольшой пока статистический материал, уверенно прослеживается разница в строении урановорудных и нефтегазовых ЗПР.

Урановорудные ЗПР, как правило, фиксируются единым корреляционным ореолом с четко выраженным эпицентром (ядерной частью) – максимальной интенсивностью корреляционных полей и, как следствие, максимальной проницаемостью. К периферии интенсивность (проницаемость) постепенно уменьшается. Наличие подстилающих куполовидных структур, часто имеющих признаки древних разрушенных куполов, позволяет предполагать под эпицентрами ЗПР наличие центров тектономагматической активности. Локализация уранового оруденения происходит на периферии ЗПР, в эндо-, чаще экзоконтактной области уранкалиевого корреляционного ореола, т. е. на границе проницаемого блока, практически в фоновых корреляционных полях.

Нефтегазовые ЗПР – это кольцевые в плане структуры с шириной кольца примерно 20 % от размера ЗПР. Кольцевая зона представлена локальными аномальными корреляционными ореолами. Именно в ней, а не в ядерной части, как на ураноносных ЗПР, сконцентрирована максимальная проницаемость. Внутренняя часть ЗПР не затронута или слабо затронута эпигенетической перегруппировкой радиоэлементов: интенсивность корреляционных полей в ней близка к фоновым значениям. Здесь же происходит мобилизации УВ.

Таким образом, принципиальная закономерность локализации УВ и рудного вещества за пределами корреляционных ореолов в практически нормальных фоновых корреляционных полях общая для обоих случаев. Сами же ореолы, как участки максимальной проницаемости, представляют собой «запретные» для нефтегазо- и рудоотложения площади.

По нашим представлениям, ядерная часть рудоносных ЗПР является эпицентром энергопоступления. Это означает, что поступление в разрез глубинной энергии в рудных ЗПР сфокусировано в ее ядерной части. В нефтегазовых ЗПР поступление глубинной энергии, по-видимому, происходит по кольцевой аномальной зоне, состоящей из ряда локальных корреляционных ореолов – локальных эпицентров максимальной проницаемости. В этом случае поступление глубинной энергии многофокусное, а значит более равномерно распределенное по площади. По нашему мнению, это принципиальное отличие нефтегазоносных ЗПР от рудоносных.

Для одного метода приведенных критериев для мелкомасштабного прогноза может быть вполне достаточно. Богучанская структура дает

хорошую возможность провести по материалам АГС-съемки оценку перспективности ЗПР.

По данным сейсмических работ на Богучано-Манзинском выступе выделены локальные структуры (поднятия) по двум отражающим горизонтам – кровле тэтэрской свиты нижнего кембрия – венда (Б) и эрозионной поверхности рифея ( $R_0$ ). На основе геохимических исследований проведено нефтегазогеологическое районирование территории [1, 2, 7].

Анализ наших результатов показывает, что, во-первых, Богучанская ЗПР по своему строению однозначно потенциально нефтегазоносная (рис. 5), а во-вторых, большие размеры внутренней части ЗПР позволяют рассчитывать на значительную площадь области возможного нефтегазоаккумуляции и, естественно, его объем.

Считается, что самая высокоперспективная часть выступа – центральная [1, 2], всю площадь которой занимают Кычетско-Манзинская перспективная зона нефтегазоаккумуляции и Чунское локальное поднятие. Это полностью согласуется с нашими данными: вся площадь располагается в пределах внутренней области ЗПР, в межореольном пространстве.

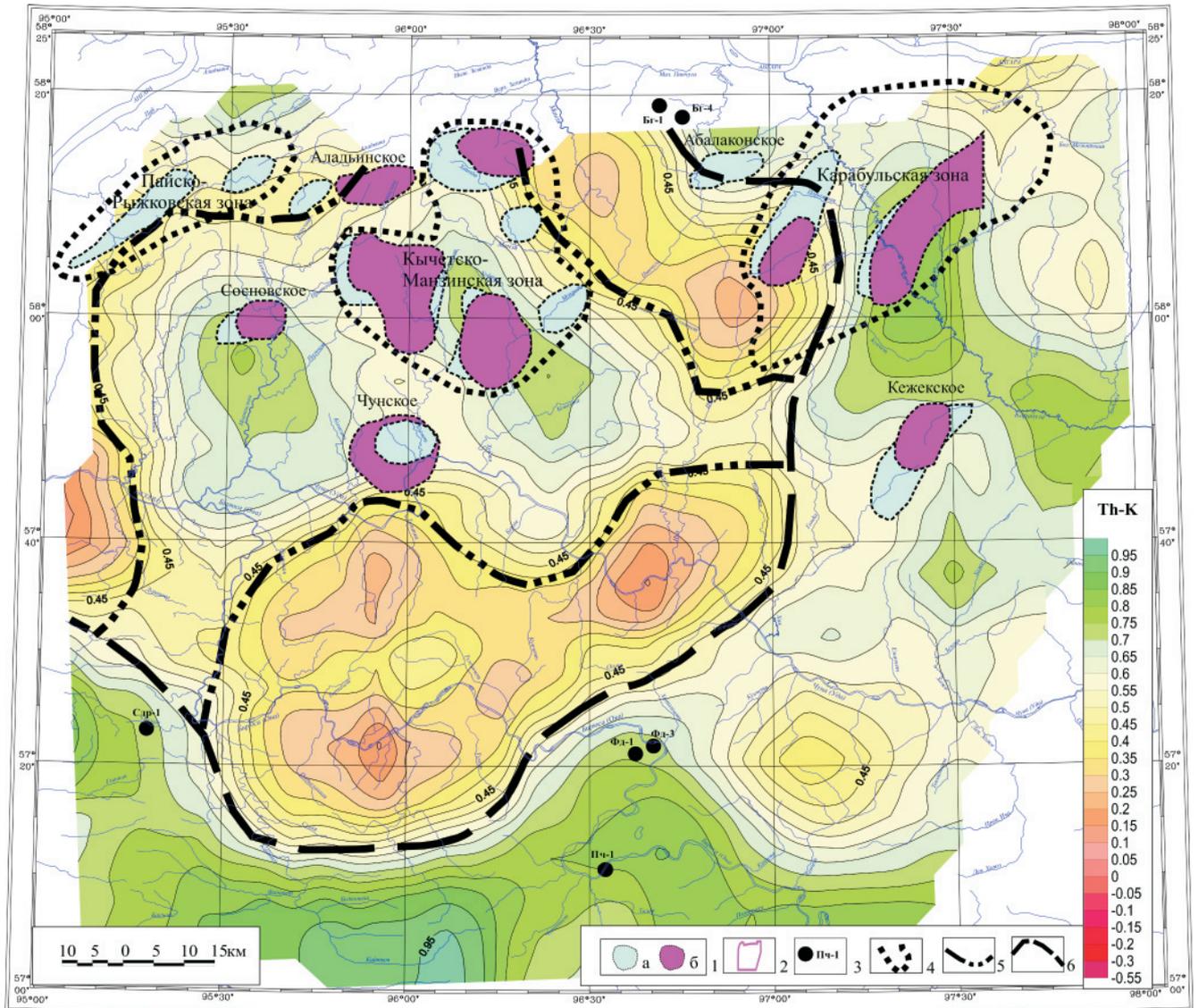
Аладьинское и Сосновское поднятия в работе [2] тоже рассматриваются как высокоперспективные, хотя их и относят ко второй категории. По нашим материалам, перспективность обоих поднятий такая же, как у первой группы, по крайней мере не хуже.

Пайско-Рыжковская зона относится к четвертой категории перспективности – практически малоперспективная [2]. В наших построениях эта зона скорее неперспективная. Здесь наши выводы тоже неплохо согласуются.

Карабульской зоне вместе с Абалаконским поднятием присвоена вторая категория перспективности [2], но, по нашим данным, перспективность ее сомнительна, так как все входящие в нее локальные поднятия (в том числе Кежеское) расположены за границей ЗПР, в «запретной» для нефтегазоотложения площади. В этом случае наши построения расходятся.

Как видно, налицо принципиальное сходство обоих прогнозных построений, основанных на независимых методах. Основное различие заключается в оценке перспектив Карабульской площади.

Имеющийся в распоряжении авторов материал позволяет провести более детальный анализ некоторых ЗПР. Так, в центральной части Камовской ЗПР по изолинии  $2 \cdot 10^{-4}$  % отчетливо выделяются две узкие кольцевые урановые аномальные зоны, отражающие, как нам представляется, две сопряженные тектонические структуры (рис. 6, г). Диаметр одной из них 100, другой 60 км. Видно, что кольцевые урановые аномалии очень четко совмещаются с осредненным контуром Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции (ЮТЗ), располагающейся внутри аномальных зон.



**Рис. 5.** Богучанская ЗПР (торий-калиевый корреляционный ореол)

1 – локальные поднятия: а – в кровле тэтэрской свиты нижнего кембрия – венда (отражающий горизонт Б), б – на эрозионной поверхности рифея (отражающий горизонт  $R_0$ ); 2 – контур АГС-съемки; 3 – скважины глубокого бурения; 4 – зоны нефтегазонакопления; 5 – граница внутренней «разрешенной» области ЗПР; 6 – граница ЗПР

Содержания урана в зонах до  $(3-3,5) \cdot 10^{-4} \%$ , иногда более, при фоне  $1,5 \cdot 10^{-4} \%$ .

В приграничной области ЮТЗ калий также образует аномальную зону (содержание калия в ней 3–3,5 % при фоновых 1–1,5 %), но в отличие от урана зона не узкая, а шириной до 20 км (см. рис. 6, д).

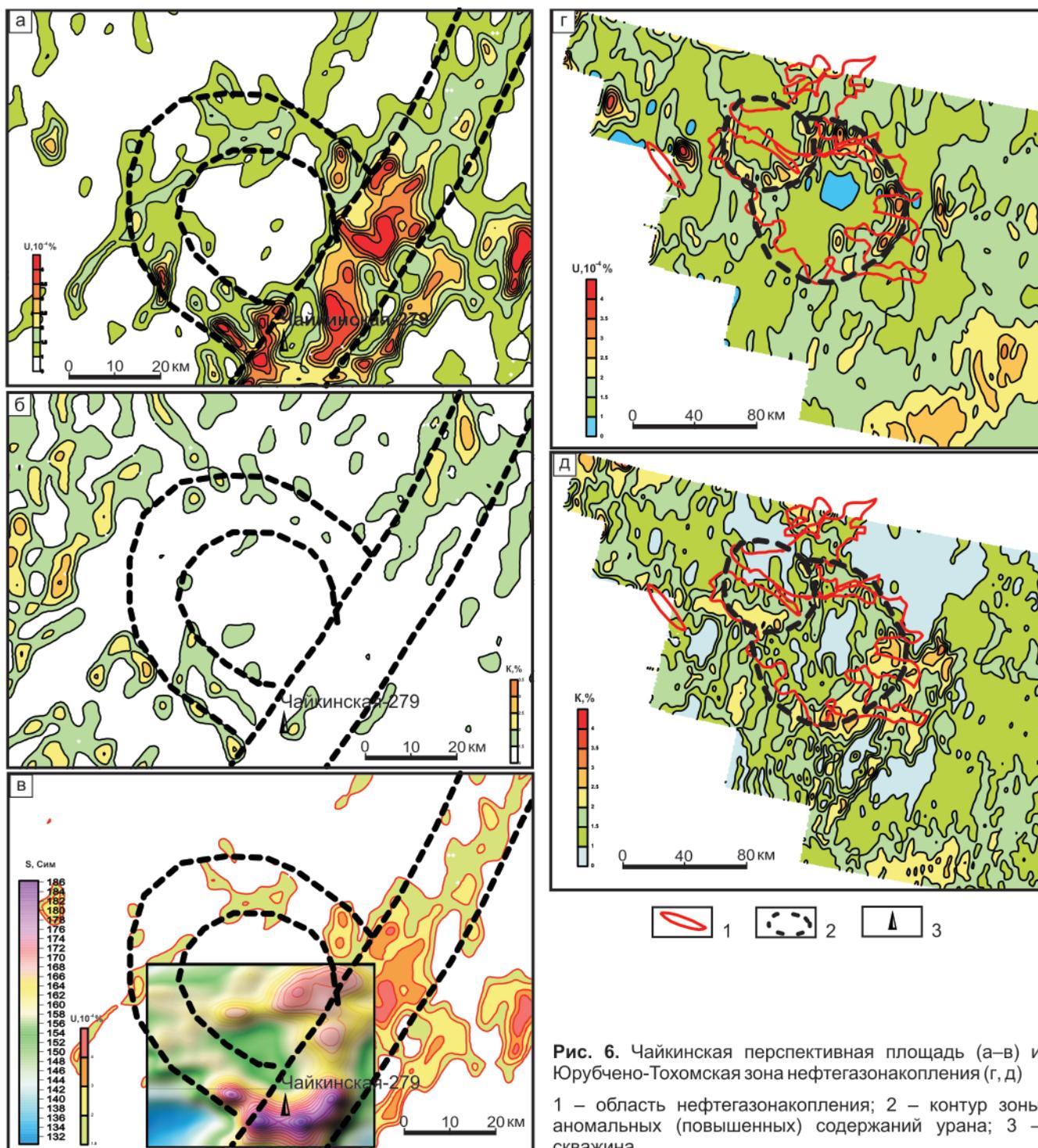
Похожая картина наблюдается на Чайкинском поднятии, расположенном в Непской ЗПР: так же отчетливо видна кольцевая урановая аномальная зона диаметром 60 км (см. рис. 6, а). Содержание здесь урана меньше, чем в Камовской ЗПР, зато ширина достигает 15 км. Зона сопрягается с линейной урановой аномальной зоной северо-восточного направления шириной 20 км, а в месте наложения зон содержание урана заметно повышается – до  $(4-5) \cdot 10^{-4} \%$ .

Калий на Чайкинской аномалии не образует аномальной зоны, более того, площадь всей коль-

цевой аномалии, особенно центральной части, отличается незначительным, но заметным понижением значений – до 1 % и менее при фоновых 1–1,5 % (см. рис. 6, б).

По результатам аэроэлектроразведки методом МПП на Чайкинской площади зафиксирована высокоинтенсивная незамкнутая кольцевая аномальная зона продольной проводимости, на 2/3 перекрывающая урановую кольцевую аномалию и практически полностью ее повторяющая (см. рис. 6, в). Пройденная на площади Чайкинской скв. 279, давшая положительный поисковый результат, проецируется как на кольцевую урановую аномалию, так и на аномалию МПП.

Если на Камовской площади наблюдается совмещение уран-калиевой аномальной зоны с границей распространения области нефтегазонакопления, то на Чайкинской аналогичная радиогеохимическая зона (урановая кольцевая аномалия)



**Рис. 6.** Чайкинская перспективная площадь (а–в) и Юрубчено-Тохомская зона нефтегазонакопления (г, д)  
 1 – область нефтегазонакопления; 2 – контур зоны аномальных (повышенных) содержаний урана; 3 – скважина

дублируется зоной высокой электрической проводимости. К тому же в обоих случаях они привязаны к углеводородным объектам, что позволяет нам рассматривать их как высокоэффективные аэрогеофизические поисковые критерии на углеводородное сырье уже на средне-крупномасштабном этапе прогнозно-поисковых работ.

### Выводы

Формирование областей нефтегазонакопления связано с блоками повышенной сквозной проницаемости, с кольцевыми структурами, картируемыми в виде ЗПР по данным мелко- и среднemas-

штабной АГС-съемки. Размеры ЗПР, как правило, больше, чем искомым УВ объектов.

ЗПР – структуры не изолированные, а генетически связанные с глубинными структурами, являющимися энергоподводящими элементами нефтегазообразующих систем.

Локализация углеводородных ареалов происходит в центральных частях ЗПР между локальными корреляционными ореолами, практически в фоновых полях, где высока степень сохранности аккумулирующих ловушек (барьеров).

Границы зон нефтегазонакопления, как правило, проявляются зонами аномально высокого



(повышенного) содержания урана, сопровождающимися градиентными аномалиями продольной проводимости; в центральной их части содержания калия снижаются.

С целью повышения результативности прогнозно-поисковых работ на УВ сырье целесообразна опережающая постановка мелко- и (или) среднемасштабной комплексной АГС-съемки с последующей детализацией в крупном масштабе. Это позволит за короткий период и с минимальными затратами исследовать значительные территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Глушенкова, М. Я.** Сейсморазведочные работы в комплексе с геохимией на Богучано-Манзинском выступе Красноярского края [Текст] / М. Я. Глушенкова. – Богучаны, 2006.

2. **Жуковин, Ю. А.** Нефтегазоносность северо-западной части Присяно-Енисейской синеклизы [Текст] / Ю. А. Жуковин, Г. Д. Назимков, В. А. Бутан // Комплексование геолого-геофизических методов при обосновании нефтегазопроисковых объектов на Сибирской платформе (в Восточной Сибири и республике Саха (Якутия)) : Матер. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2009. – С. 217–225.

3. **Левин, Д. Д.** Создание современного геофизического обеспечения прогнозно-поисковых работ на углеводородное и минеральное сырье в пределах зоны влияния новых центров нефтегазодобычи на территории Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) на основе комплексной аэрогеофизической съемки (магнитная, спек-

трометрическая, масштаба 1:100 000) на площади 210 тыс. км<sup>2</sup> [Текст] / Д. Д. Левин, Н. М. Тарарухина. – М., 2008.

4. **Лященко, Н. Г.** Закономерности локализации гидрогенных урановых месторождений в полях корреляции ЕРН [Текст] / Н. Г. Лященко // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 2. – С. 26–30.

5. **Лященко, Н. Г.** Некоторые элементы строения ураноносных ЗПР [Текст] / Н. Г. Лященко // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 1. – С. 28–30.

6. **Лященко, Н. Г.** Урановые рудообразующие системы [Текст] / Н. Г. Лященко // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 1. – С. 25–31.

7. **Перспективные** на нефть зоны и объекты Сибирской платформы : Сб. науч. тр. [Текст] / Под ред. В. С. Старосельцева. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 2009. – С. 1–26.

8. **Прогнозирование** и поиски месторождений нефти и газа радиогеохимическими методами [Текст] / И. С. Соболев, Л. П. Рихванов, Н. Г. Лященко, М. С. Паровинчак // Геология нефти и газа. – 1999. – № 7–8. – С. 19–24.

9. **Рихванов, Л. П.** Радиогеохимические методы поисков месторождений нефти и газа [Текст] / Л. П. Рихванов, И. С. Соболев, Н. Г. Лященко // Прикладная геохимия. – М. : ИМГРЭ, 2002. – Вып. 3. – С. 383–394.

10. **Соболев, И. С.** Гамма-спектрометрические исследования поверхностных отложений нефтегазоносных площадей Западной и Средней Сибири [Текст] / И. С. Соболев, Л. П. Рихванов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – № 5. – С. 31–37.