

ДИСКУССИИ

УДК 553.078

© А.Н.Барышев, 2011

СУПЕРРАЙОНЫ КАК ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ И ЗОН С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ, ЗОЛОТА И АЛМАЗОВ: ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИХ ПОЗИЦИИ

А.Н.Барышев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Показано, что в предшествовании зарождения рудоносных магматических очагов происходят волновые осложнения в верхней части астеносферы Земли. Магматизм и рудообразование наиболее интенсивно проявляются над положительными фазами волн длиной около 300 км. Используя закономерности этого явления, можно в минерагенических поясах и зонах по их простиранию через такое расстояние на обзорных и мелкомасштабных минерагенических картах намечать центры наиболее перспективных отрезков (областей) протяженностью от 60 до 150 км, которые предложено называть суперрайонами

Ключевые слова: цветные металлы, золото, алмазы, минерагения, суперрайоны, тектоно-физика.

Барышев Александр Николаевич, metallogeny@tsnigri.ru

SUPERREGIONS AS THE HIGHPRODUCTIVELY AREAS OF MINERAGENIC BELTS AND ZONES WITH DEPOSITS OF BASE METALS, GOLD AND DIAMOND: TECTONOPHYSICAL AND GEOLOGICAL FOUNDATIONS OF THEIR POSITION

A.N.Baryshev

The waves of length 300 km had been on the asthenosphere surface before the orebearing magmatic chambers were formed by melting. Numerous and the largest ore deposits are placed on the areas over positive phases of these waves. These areas have dimensions of 60–150 km and are named superregions. Its centres may be intended in mineragenic belts through 300 km on maps of general scale, if one centre is known.

Key words: base metals, gold, diamond, minerageny, superregion, tectonophysics.

За последние полвека в ЦНИГРИ детально разработан и широко применяется в практике прогнозно-металлогенических исследований формационный анализ, основой которого является структурно-вещественный системный подход [8, 9, 11]. Системы рассматриваются, в первую очередь, в аспекте определенной «упаковки» геологических формаций, рудно-формационных типов месторождений, рудных формаций в единые ассоциации. К таким ассоциациям, например, относятся структурно-формационные комплексы. Пространственному распространению одного структурно-формационного комплекса соответствует определенная структурно-формационная зона, которая вместе с присутствующими в ней месторождениями рассматривается как структурно-металлогеническая или металлогеническая зона. Такая система имеет то несомненное достоинство, что ее составные части отражаются на геологических картах литологического содержания и могут из них заимствоваться для анализа. Структурно-формационный подход с выделением зон позволяет существенно дифферен-

цировать металлогенические пояса поперек их простирания, обеспечивая характеристику специальной металлогении и прогноза конкретных типов месторождений. Выделение перспективных отрезков или частей металлогенических зон осуществляется начиная с рудных районов, узлов и полей при исследованиях среднего и крупного масштабов. Вместе с тем, уже на основе обзорных и мелкомасштабных карт можно наметить наиболее перспективные крупные части металлогенических поясов и слагающих их металлогенических зон вдоль их простирания, что выходит за рамки возможностей структурно-формационного подхода. Такие крупные части поясов и зон отвечают рангу металлогенической области, стоящей в схеме металлогенического районирования между металлогенической провинцией и рудным районом [10].

Минерагеническая (металлогеническая) область — это территория без интенсивно выраженной линейности, представляющая собой часть металлогенического пояса площадью до десятков тысяч квадратных километров, объединяющая

несколько рудных районов. В связи с тем что далее речь пойдет о высокопродуктивных частях поясов и составляющих их зон, такие области предложено называть суперрайонами. Выделение суперрайонов может способствовать выбору наиболее перспективных площадей на закрытых территориях и предварительной оценке их на широкий комплекс рудных месторождений. Выделение суперрайонов может помочь при осуществлении проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный». Выделение суперрайонов также позволит выбирать перспективные на алмазы площади, расположенные к юго-западу от осваиваемых месторождений Якутии [3].

В эндогенной металлогении обычно анализируются определенные магмы, растворы или твердые вещества, из которых непосредственно выносятся рудные компоненты. Весьма мало внимания уделяется более ранним движениям и дифференциации геологической среды, предшествующим процессам магмо- и рудообразования. Основная суть модели образования суперрайонов состоит в волновой закономерности всплесков продуктивного магматизма или иного вида доставки полезного ископаемого из глубин Земли. Эта закономерность следует как из тектонофизических теоретических и экспериментальных исследований явлений конвекции или ее частного случая — адвекции, так и из реальных геологических наблюдений. Развитию магматизма и связанного с ним оруденения предшествует адвекция геологической среды в твердом состоянии, осуществляющаяся путем всплывания пластических разуплотненных масс с одновременным компенсирующим отжиманием окружающей среды в стороны и ее погружением.

Волновые закономерности адвекции состоят в следующем. Если слой вещества перекрыт более плотным слоем, то на границе их происходят волнообразные коробления. При этом в зависимости от мощностей слоев, главным образом нижнего, их вязкостей и относительного разуплотнения существует такая длина волны, рост амплитуды которой происходит наиболее быстро. Эта доминирующая длина волны и определяет расстояния между поднятиями [12]. Данное теоретическое положение подтверждено тектонофизическими экспериментами с учетом условий подобия.

Условия реализации гравитационной неустойчивости в виде конвекции или адвекции характеризуются критическими числами Рэлея R [6], которые определяются по уравнению:

$$R = \Delta\rho \cdot g \cdot H^3 / a \cdot \eta. \quad (1)$$

Суть формулы весьма проста. В числителе содержатся параметры, определяющие архимедову силу — разуплотнение $\Delta\rho$, ускорение силы тяжести

g , размер системы мощностью H , в знаменателе — параметры, препятствующие всплыванию — эффективная динамическая вязкость η и коэффициент релаксации a , например, температуропроводности горных пород, если разуплотнение определяется нагреванием.

Поскольку коэффициенты температуропроводности горных пород отличаются мало — $a \approx (6-13) \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$, изменения g в природе весьма малы, и с учетом того, что величина $\Delta\rho$ для пород весьма ограничена, коэффициенты подобия этих параметров в разномасштабных конвективных системах могут приблизительно приравняться к единице. Отсюда из формулы (1) следует: при протекании подобных процессов конвекции или адвекции, т.е. при равенстве чисел Рэлея, коэффициенты подобия размеров системы C_H и вязкости C_η соотносятся как

$$C_H^3 \approx C_\eta. \quad (2)$$

Иначе говоря, если размер системы и соответственно мощность H увеличиваются на один порядок, то вязкость η должна быть на три порядка больше [1, 2]. Эта теоретическая закономерность подтверждается расчетами и практикой. Если геодинамические системы разместить по их размерным порядкам, как показано в таблице, то переходя последовательно от систем II порядка с поперечником 1–2 тыс. км (соответствующих структурам типа окраинных морей с определяющими их астеносферными ячейками при вязкости 10^{20} – 10^{21} пуаз) к системам V порядка с поперечником 1–3 км (соответствующим кремнекислым экструзивам), получим вязкость 10^{11} – 10^{12} пуаз, которая определена для кислых лав при извержении вулкана Трайидент на Аляске и в лабораториях при плавлении обсидиана [7].

Адвективным геодинамическим системам разных порядков соответствуют разные минерагенические таксоны (см. таблицу). Системам II порядка соответствуют металлогенические провинции и пояса, III порядка — металлогенические области (суперрайоны), IV порядка — рудные районы и узлы. Позиция узлов определяется магматическими очагами [1, 2]. Системы III порядка развиваются при вязкости 10^{17} – 10^{18} пуаз, т.е. в твердом состоянии (для сравнения, вязкость льда 10^{13} пуаз).

Ячейкам III размерного порядка могут соответствовать волны на поверхности астеносферных ячеек II порядка. Такие волны можно видеть, если по плотности очагов землетрясений оконтурить верх астеносферы под окраинными морями и островными дугами [1, 2].

Теоретически следует ожидать, что адвекция в системах IV порядка будет интенсивнее проявлять-

Иерархия геодинамических и металлогенических систем, связанных с конвективными (адвективными) ячейками или диаширами в разных слоях Земли, их характеристика

Размерный рядок систем	Пример структурного элемента Земли (его тип)	Природа конвективной (адвективной) ячейки	Вязкость адвектирующего слоя, пуаз	Перекрывающий слой	Предполагаемая скорость перекрывающего слоя на контакте с адвектирующим слоем, пуаз	Размер (диаметр) ячейки, или диапира, км	Шаг между центрами диапиров, км	Мощность подошвы слоя, км	Соответствующий металлогенический таксон
I	Океан (глобальный)	Тепловой конвективный поток в жидком ядре Земли	—	Мантия	10^{25}	—	До 11 500 при четырех ячах	—	Планетарная металлогеническая провинция
II	Окраинное море, сводно-глыбовая область на континенте (провинциальный)	Адвекция астеносферы	$10^{20}-10^{21}$	Литосфера	10^{22}	1000–2000	1000–2000	200–300	Металлогеническая провинция
III	Глубоководная котловина окраинного моря, поперечный сектор геосинклинали (региональный)	Адвекция верхней части астеносферы	$10^{17}-10^{18}$	Разогретая литосфера	$10^{19}-10^{20}$	50–150	200–350, чаще 300	30–60	Металлогеническая область (суперрайон)
IV	Первичный магнитокоровый магматический очаг и надочаговая область (очаговый)	Адвекция субсолидных магм и гипербазитового рестиита	$10^{14}-10^{15}$	Разогретая земная кора	$10^{16}-10^{17}$	10–30	30	2–10	Магматогенно-рудный узел
V	Камера магматического очага и связанный с ней шток или экструзив (камерный)	Адвекция разуплотненных вылавок в коровом базитовом очаге	$10^{11}-10^{12}$	Разогретая трещиноватая земная кора	$10^{13}-10^{17}$	0,5–3,5	1–3,5*	0,2–1	Месторождение
VI	Мелкий магматический шток-апофиза (апофизный)	Адвекция флюидонасыщенных магм апикальных частей камер	10^8-10^9	То же	$10^{13}-10^{17}$	0,1–0,3	0,3*	0,02–0,1	Мелкое месторождение, трубка

*Может существенно искажаться при наличии разрывов в породах кровли.

ся на положительных фазах волн III порядка. Нечто подобное давно замечено людьми относительно морских волн, что послужило основанием для

названия живописной картины И. Айвазовского «Девятый вал». У народов Средиземноморья наиболее крупным считается десятый вал. То есть положительные фазы волн III порядка должны отвечать областям с наибольшей интенсивностью проявления магматизма и эндогенных рудных процессов, иначе суперрайонам. Так как шаг между магмато-рудными узлами обычно близок к 30 км [1, 2], то можно ожидать величину шага между центрами суперрайонов около 300 км. Посмотрим, как неравномерно распределяются месторождения, определяющие своими запасами продуктивность минерагенических поясов и зон.

На схему минерагенического суперпояса Урала (рис. 1) вынесены все средние и крупные колчеданные, медно-порфировые и золоторудные месторождения, а также районы с большим количеством мелких месторождений золота. Четко выделились полосы: Гайско-Подольская, Верхнеуральско-Учалинско-Кочкарская и Сафьяновско-Дегтярско-Березовская. Расстояния между центральными линиями полос составили 290–300 км. Такие шаги проэкстраполированы к северу и югу. Наметилась Ауэрбаховская полоса (суперрайон) с повышенной золотоносностью с Воронцовским месторождением и серией золотосодержащих медно-железо-скарновых месторождений Турьинской группы. Далее к северу оси полос попали в районы с повышенной россыпной золотоносностью — Северо-Сосьвинский и Кожимский. Еще севернее полоса отвечает Харбейской площади, где пока выявлены лишь мелкие месторождения и рудопроявления (золото-

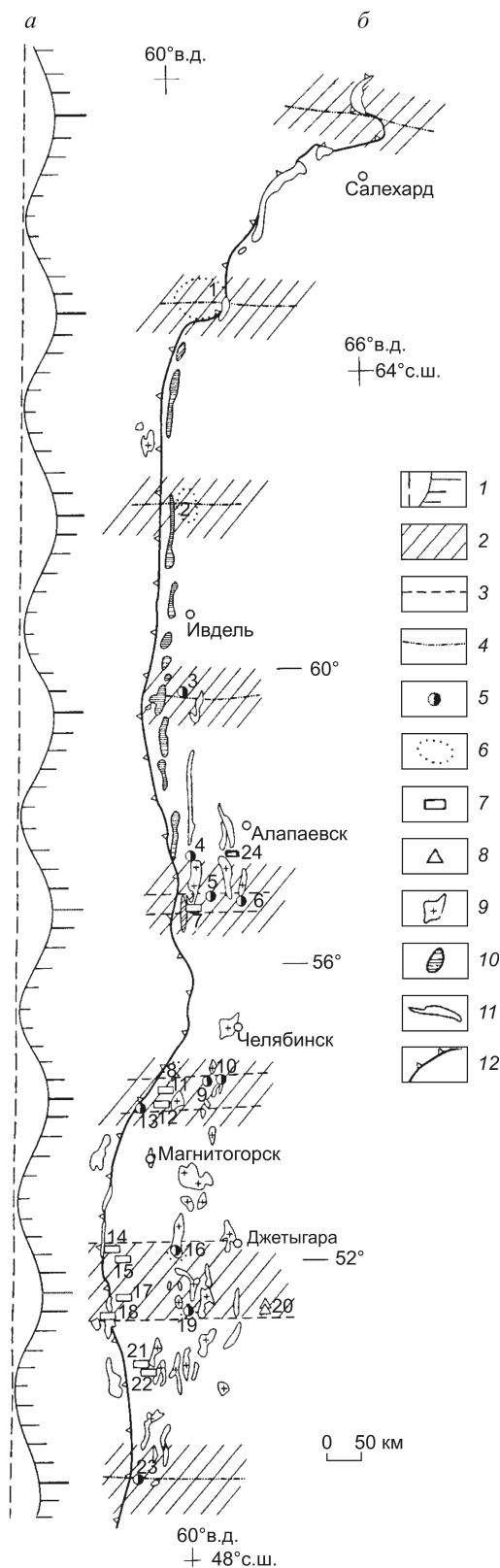


Рис. 1. Теоретическая периодичность астеносферных волн III размерного порядка и позиций на них адвективных ячеек IV порядка (а), позиция металлогенических суперрайонов с месторождениями цветных металлов и золота на Урале (б):

1 — волновые осложнения III порядка и позиция адвективных ячеек IV порядка; 2 — площади металлогенических суперрайонов; 3 — их наиболее продуктивные контуры; 4 — их центральные оси (линии); наиболее крупные месторождения: 5 — золоторудные, 6 — их группы и золотороссыпные районы, 7 — цинково-медноколчеданные, 8 — медно-порфировые; крупные массивы интрузивных пород (показаны для привязки к геологическим контурам Урала): 9 — гранитоидные, 10 — дунит-клинопироксенит-габбровые, 11 — дунит-гарцбургитовые; 12 — Главный Уральский разлом (надвиг); золотороссыпные районы: 1 — Кожимский, 2 — Северо-Сосьвинский; месторождения: 3 — Воронцовское, 4 — Быньговское, 5 — Березовское, 6 — Гагарское, 7 — Дегтярское, 8 — Муртыкты, 9 — Светлинское, 10 — Кочкарское, 11 — Учалинское, 12 — Верхнеуральская группа (Узельга и др.), 13 — Миндяк, 14 — Юбилейное, 15 — Подольское, 16 — Айдырлинская группа, 17 — Гайское, 18 — Блявинское, 19 — Кумакская группа, 20 — Бенкала и Южная Бенкала, 21 — Приорское, 22 — 50 лет Октября, 23 — Юбилейное, 24 — Сафьяновское

медно-скарновые, золото-кварцевые и россыпи). К югу от Гайско-Подольской полосы ось следующей полосы попала на наиболее крупное здесь Юбилейное месторождение золота.

Показанные на схеме суперрайоны охватывают месторождения, принадлежащие к разным рудным и магматическим формациям, к тому же разного времени формирования от раннего силура до раннего карбона включительно. Естественно, возникает вопрос: насколько правомерно выделять глубинные геологические структуры (астеносферные поднятия), которые определяют размещение магматических очагов, разновозрастных и разнотипных по геодинамическим обстановкам зарождения. Рассматривать их совместно в единых системах III порядка позволяет то, что последние развиваются в сто раз длительнее очаговых систем IV порядка [1, 2]. Это следует из теории подобия медленных пластических деформаций, протекающих в гравитационном поле [5], а именно:

$$C_{\eta} = C_{\rho} \cdot C_g \cdot C_{\eta} \cdot C_t \quad (3)$$

где C_{η} , C_{ρ} , C_g , C_{η} , C_t — коэффициенты подобия соответственно вязкости, плотности, ускорения силы тяжести, линейного размера, времени.

$$\text{Так как } C_g = 1, C_{\rho} \approx 1, \text{ то } C_{\eta} \approx C_{\eta} \cdot C_t \text{ и при } C_{\eta}^3 \approx C_{\eta} \\ C_{\eta}^2 \approx C_t \quad (4)$$

Иначе говоря, длительность развития соответствующих фаз адвекции в подобном процессе возрастает на два порядка при увеличении размера системы на один порядок (при коэффициентах подобия температуропроводности, разуплотнения, ускорения силы тяжести, близких к единице). Очевидно, что существовавшие в раннем силуре

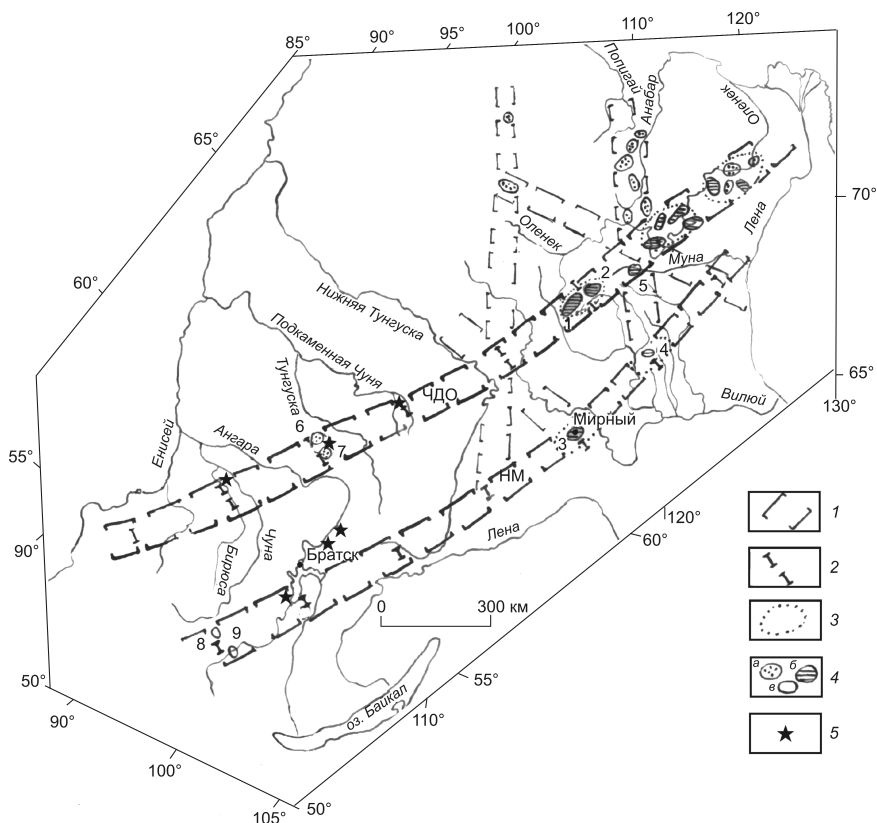


Рис. 2. Позиция алмазонасных суперрайонов в линейных Восточно-Сибирской провинции и предпосылки к локализации иных районов с алмазонасными структурами и магматизмом, схема составлена с использованием материалов [3, 4, 13, 14]:

1 — контуры линейных, определяющих минерогенетические зоны (пояса): ЧДО — Чадобецко-Далдыно-Оленекского, НМ — Накынско-Мирнинского; 2 — ожидаемые максимумы пологих фаз волновых короблений литосферы вдоль простирания флексуры (линейного), обеспечивающих максимальную возможность развития магматизма в минерогенетических областях (суперрайонах) при длине волны ≈ 300 км; 3 — приблизительные контуры суперрайонов; 4 — контуры алмазонасных районов и полей с кимберлитами и родственными породами (мезозойского (а), палеозойского (б), допалеозойского (в) возрастов) 1 — Алакит-Мархинского, 2 — Далдынского, 3 — Мирнинского, 4 — Накынского, 5 — Мунского, 6 — Тайчикуно-Нембинского, 7 — Чадобецкого, 8 — Белозиминского, 9 — Окинского; 5 — присутствие алмазов в аллювии

поднятия астеносферы сохранились, по крайней мере частично, вплоть до раннего карбона.

Суперрайоны как части минерогенетических поясов и зон могут быть выделены и в алмазонасных системах (рис. 2) [3]. Геология алмазов имеет две особенности: первая — размещение кимберлитов и родственных им пород не в середине рифтогенов и авлакогенов, а в их плечах, вторая — относительно малая роль расплавных фаз в кимберлитах. Это может свидетельствовать о принципиально иных условиях зарождения адвекции глубинных толщ, чем это происходит над «горячими» глубинными валами (типа срединно-океанических или такого, какой был под Уралом). В платформенных усло-

виях главную роль может играть флексура разуплотненных глубинных толщ, в которой происходит увеличение вертикальной мощности пород и тем самым достигается критическое число Рэлея в упомянутой формуле, где мощность в числителе возводится в третью степень [3]. Объединение алмазоносных полей и районов в более крупные таксоны — суперрайоны (минерагенические области) как системы III размерного порядка — не имеет строго определенного критерия. Оно в большей мере опирается на волновые закономерности проявления адвекции с характерной для этих систем длиной адвективной волны около 300 км, если системы имеют мантийное заложение [1, 2].

Известные разломно-авлакогенные (они же минерагенические) зоны или пояса, например Далдыно-Оленекская, Накынско-Мирнинская в Восточной Сибири, на рис. 2 проэкстраполированы за их пределы в виде линеаментов. В юго-восточном линеаменте расстояние между Мирнинской и Накынской группами кимберлитов, которые относятся к полям, а не суперрайонам, составляет около 300 км. Это дает право пока считать их возможными центрами суперрайонов (областей).

В соответствии с изложенным от Далдыно-Алакитского суперрайона, а также от Мирнинского поля через шаг 300 км можно наметить максимумы возможных положительных фаз глубинных волн, которые могут соответствовать центрам суперрайонов. Они намечены и там, где могут находиться мезозойские алмазоносные образования, а среднепалеозойские кимберлиты, если они присутствовали, перекрыты молодыми толщами.

На втором и четвертом шагах к юго-западу от Далдыно-Алакитского суперрайона находятся площади, где, по данным работы [13], присутствуют алмазы в аллювии (это соответственно район верховьев рек Северная и Южная Чуя, Северная и Южная Таймура; район рек Чуна, Бирюса). На третий шаг попадает район с Тайчикуно-Нембинским и Чадобецким полями, где выявлены трубки мезозойских кимберлитов [14]. В Накынско-Мирнинской минерагенической зоне на расстоянии в три шага от Мирнинского поля, т.е. к югу от Братского водохранилища, присутствуют алмазы в аллювии, а на четвертом шаге расположены Белозиминское и Окинское поля [13].

Итак, теоретические закономерности адвекции, тектонофизические эксперименты, рельеф астеносферы по геофизическим данным в современных тектонически активных областях, а главное — распределение групп месторождений в палеообстановках свидетельствуют о том, что в модель неоднородной продуктивности минерагенических поясов и

зон должна включаться волновая закономерность с шагом около 300 км всплесков магматизма с сопутствующими полезными ископаемыми. Места этих всплесков и прилегающие к ним территории на расстоянии до 60–80 км (два–три рудных узла) в обе стороны могут выделяться как потенциальные суперрайоны, заслуживающие наиболее пристального внимания. Позицию центра нового суперрайона в металлогенических поясе или зоне можно прогнозировать, отступая на расстояние около 300 км от центра известного суперрайона или скопления наиболее продуктивных рудных районов, узлов, крупных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А.Н. Периодические геодинамические и металлогенические системы, их развитие и взаимодействие. — М.: ЦНИГРИ, 1999.
2. Барышев А.Н. Позиция крупнейших рудных районов и узлов в системе адвективных структур Земли // Отечественная геология. 2001. № 2. С. 6–11.
3. Барышев А.Н. Периодическое размещение алмазоносных систем и смежные проблемы геологии алмазов // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 20–35.
4. Барышев А.С. Связь кимберлитового магматизма с элементами геодинамики на Сибирской платформе // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж, 2005. С. 43–49.
5. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975.
6. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику. — М.: КДУ, 2005.
7. Макдоналд Г. Вулканы. — М.: Мир, 1975.
8. Методическое руководство «Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов». Серия выпусков. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. Модели месторождений благородных и цветных металлов. Серия выпусков. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
10. Обзор геологических понятий и терминов в приложении к металлогении / Отв. ред. Е.Т.Шаталов. — М.: Изд. АН СССР, 1963.
11. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта / М.Б.Бородаевская, А.И.Кривцов, А.П.Лихачев и др. — М.: Недра, 1987.
12. Рамберг Х. Сила тяжести и деформации в земной коре. — М.: Недра, 1985.
13. Секерин А.П., Егоров К.Н., Меньшагин Ю.В., Лаценов В.А. Проблемы алмазоносности юго-западной части Сибирской платформы // Отечественная геология. 1999. № 1. С. 15–18.
14. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. — М.: Недра, 1998.