

В.В. Тимошенко

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АЛМАЗОНОСНОСТИ БЕЛОМОРСКО-КУЛОЙСКОЙ ОЧАГОВОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В течение 1980-90-х гг. алмазописковыми работами была охвачена большая часть Русской плиты. В результате поискового бурения и специализированных шлихо-минералогических и геофизических съемок накоплен большой объем прямых и косвенных признаков коренной алмазности региона. Однако, из-за исключительно сложных условий ведения поисков, эффективность проведенных работ оказалась низкой. Это говорит о том, что для платформенных регионов, характеризующихся практически повсеместным распространением плаща водно-ледниковых отложений, прогнозно-структурные исследования, и в т.ч. региональные, были и остаются актуальными. При прогнозировании алмазности важной задачей является выявление разнообразных, как по генетическому типу, так и по направлениям, тектонических нарушений, формирование которых, неразрывно связано с геодинамическими процессами в алмазных (потенциально-алмазных) районах.

На севере Русской плиты самым изученным является Беломорско-Кулойское плато. На его территории выявлены десятки кимберлитовых трубок, разведано промышленное месторождение им. М.В. Ломоносова. Алмазные кимберлиты выявлены и в других районах Архангельской области. С введением Ломоносовского месторождения в эксплуатационную разработку, вопрос о качественной сырьевой базе приобретает экономическое значение в первую очередь для Беломорско-Кулойского района. Поэтому самым главным условием для прогнозных построений в этом районе является их объективность и достоверность.

В данной работе освещены результаты математического прогнозирования алмазности, полученные при помощи статистического анализа числовых характеристик рельефа и гидросети. Как известно, современная речная сеть является не только отражением неотектоники, но в значительной мере подчинена древним тектоническим структурам; а современный рельеф той или иной территории явля-

ется суммарным отражением, главным образом, эндогенных процессов на протяжении всей истории ее геологического развития. Т.е. математические (формализованные) характеристики рельефа и гидросети могут считаться объективными показателями тех или иных геологических событий и процессов (и их геодинамики).

Главной задачей проведенных исследований было выяснение структурного каркаса рудного района, оценка позиции известного месторождения, выделение локальных площадей и участков, перспективных на выявление новых месторождений.

В качестве рабочей основы использована карта рельефа масштаба 1:1 000 000 [1].

Выявление тектонических нарушений проведено по следующим характеристикам: густота гидросети, уклоны земной поверхности, концентрическая составляющая, показатель алмазности.

ГУСТОТА ГИДРОСЕТИ анализировалась по сетке 10x10 км. В пределах каждой аналитической ячейки измерялась длина водотоков, отраженных на карте; измеренные значения преобразованы в удельные показатели. Для наглядного отражения тенденции проведено усреднение показателей под фиксированную сеть 20x20 км. Сглаживание исходных данных методом скользящей средней не применялось. Результаты анализа гидросети приведены на рис. 1.

УКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Формирование макрорельефа платформенных плит может быть объяснено следующими главными факторами: блоковая структура фундамента; субинтрузии на границе кристаллического фундамента и платформенного чехла; близповерхностные вулканические и субвулканические комплексы; приповерхностные магматиты; мощные зоны разломов; зоны высокой трещиноватости и дробления. Для проявлений кимберлитового магматизма характерны малообъемные тела (диатремы, дайки), следовательно, они могут вызвать только локальные, слабовыраженные, положительные осложнения поверхности платфор-

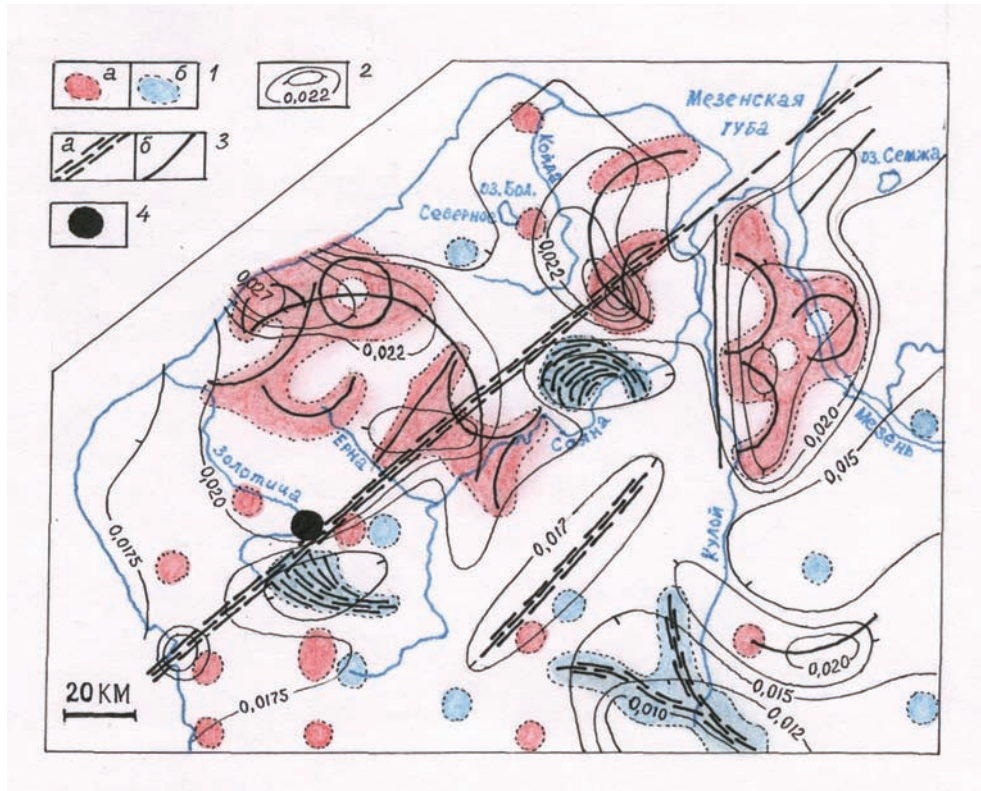


Рис. 1. Густота гидросети. 1 – значение показателя определенного по аналитической сетке 10x10 км: а – высокие 0,03-0,025; б – низкие 0,015–0,003 км/кв. км. 2 – изолинии усредненных значений по сети 20x20 км. 3 – интерпретированные тектонические нарушения: а – зоны высокой трещиноватости и дробления; б – разломы. 4 – промышленное алмазное месторождение им. М.В. Ломоносова

менного чехла. Интенсивные проявления платформенного магматизма, обуславливающие развитие интрузивных и вулканических комплексов, могут вызвать площадные высокоамплитудные осложнения поверхности. Учитывая изложенные представления, анализ уклонов проведен в двух вариантах:

- а) по профилям минимальной контрастности рельефа – предположительно ориентированный на выявление ареалов кимберлитового магматизма;
- б) по профилям максимальной контрастности рельефа – направленный на выявление площадной тектонической (тектоно-магматической) активизации.

В обоих вариантах исследования проведены по сети 10x10 км. Определение средних значений уклонов проводилось отдельно по каждому профилю в пределах каждой аналитической ячейки. Как и при анализе гидросети, тенденция уклонов отражена по усредненным данным для сети 20x20 км. Результаты анализа уклонов приведены на рис. 2 и на рис. 3.

КОНЦЕНТРИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГИДРОСЕТИ И РЕЛЬЕФА. При простом рассмотрении мелкомасштабных карт (1:1 000 000 – 1:200 000), как в пределах исследованного района так и всей Архангельской алмазоносной провинции, отмечаются «хаотично» размещенные концентрические структуры разных радиусов, особенно под-

черкиваемые элементами гидросети. Само месторождение им. М.В. Ломоносова приурочено к ярко выраженному изгибу р. Золотица. Отсюда напрашивается вполне логичный вывод, что концентрические структуры соразмерные «золотицкому изгибу» являются критерием продуктивного кимберлитового магматизма. Воплощение такого подхода при дешифрировании карт показало его непригодность, его несоответствие принципам системного анализа. Учитывая незначительные параметры алмазодержащих тел, выявление концентрических элементов проведено по всем линеаментам гидросети и рельефа. Дешифрированию были подвергнуты все водотоки, все горизонталы (изогипсы) рельефа. Были выделены многочисленные концентрические элементы с радиусами от десятков км до первых км, выражающиеся в масштабе карты. Результаты дешифрирования систематизированы по сети 10x10 км и преобразованы в удельные показатели – рис. 4. В данном случае, результаты математического анализа противоречат логическим рассуждениям.

ПОКАЗАТЕЛЬ АЛМАЗОНОСНОСТИ.

Для Архангельской провинции алмазное месторождение им. М.В. Ломоносова является бесспорным эталонным объектом. Рассматривая результаты математического анализа (рис. 1 – 4), поле эталонного месторождения отмечается высокими значениями уклонов и низкими значениями концентрической со-

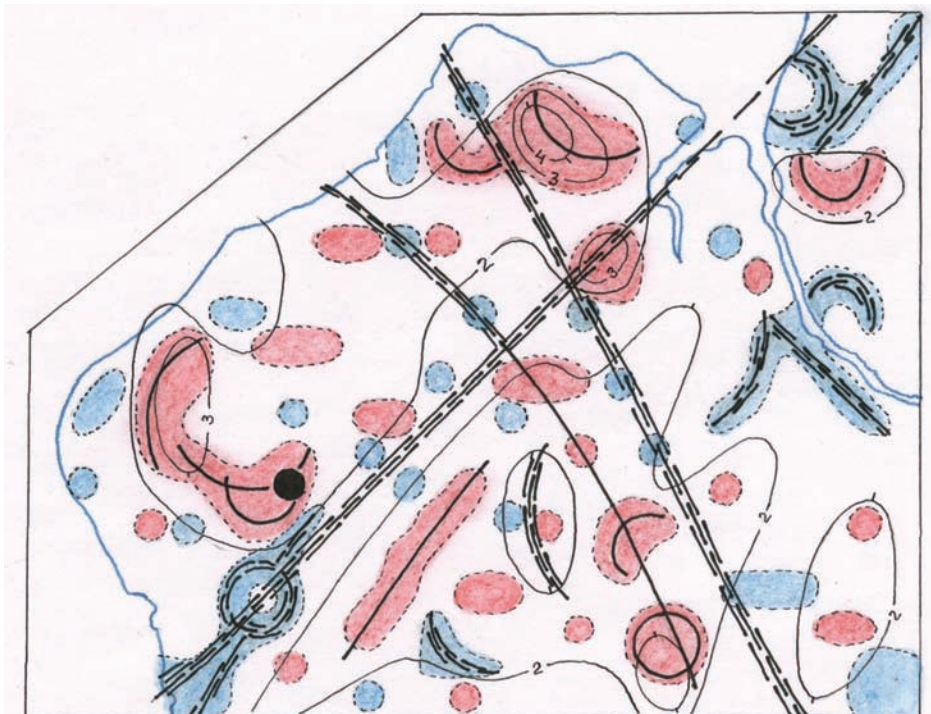


Рис. 2. Уклоны земной поверхности по профилям минимальной контрастности рельефа. Обозначения см. рис. 1. Высокие значения – от 3 до 6 градусов; низкие – 2 градуса и меньше

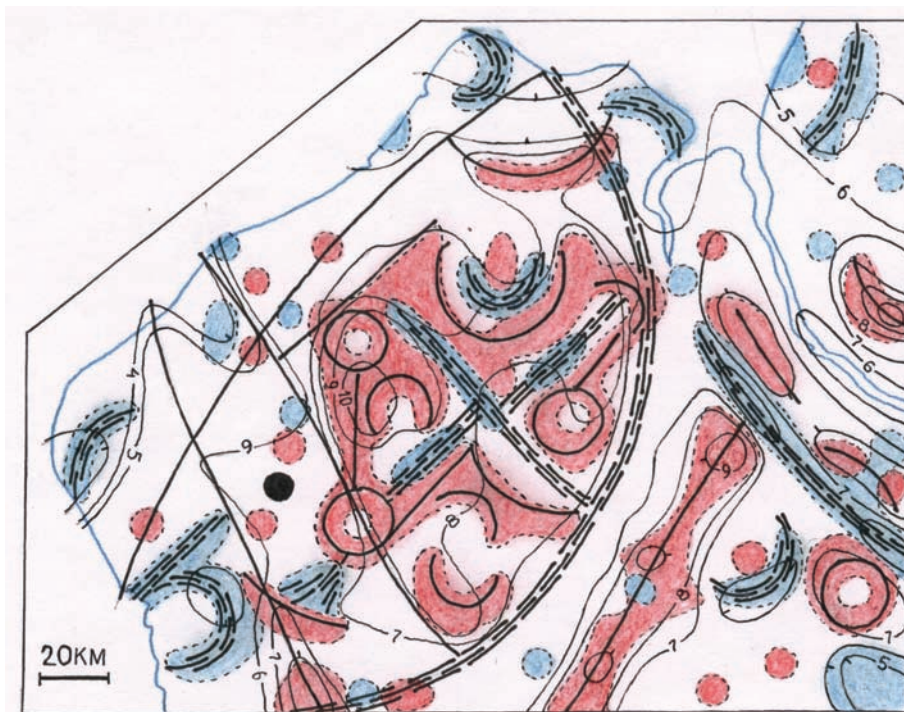


Рис. 3. Уклоны земной поверхности по профилям максимальной контрастности рельефа. Обозначения см. рис. 1. Высокие значения – от 7 до 10; низкие – от 2 до 4 градусов

ставляющей. Наиболее показательны результаты по профилям минимальной контрастности (рис. 2) и по концентрической составляющей (рис. 4). Исходя из этого, для всего Беломорско-Кулойского района рассчитан показатель алмазности по сети 10x10 км – значения уклонов разделены на значения концент-

рической составляющей. Полученные результаты отражены на рис. 5. Тенденция этого показателя, учитывающего контрастные характеристики рельефа, является, в сущности, формальным отражением геодинамических обстановок, благоприятных для проявлений кимберлитового магматизма.

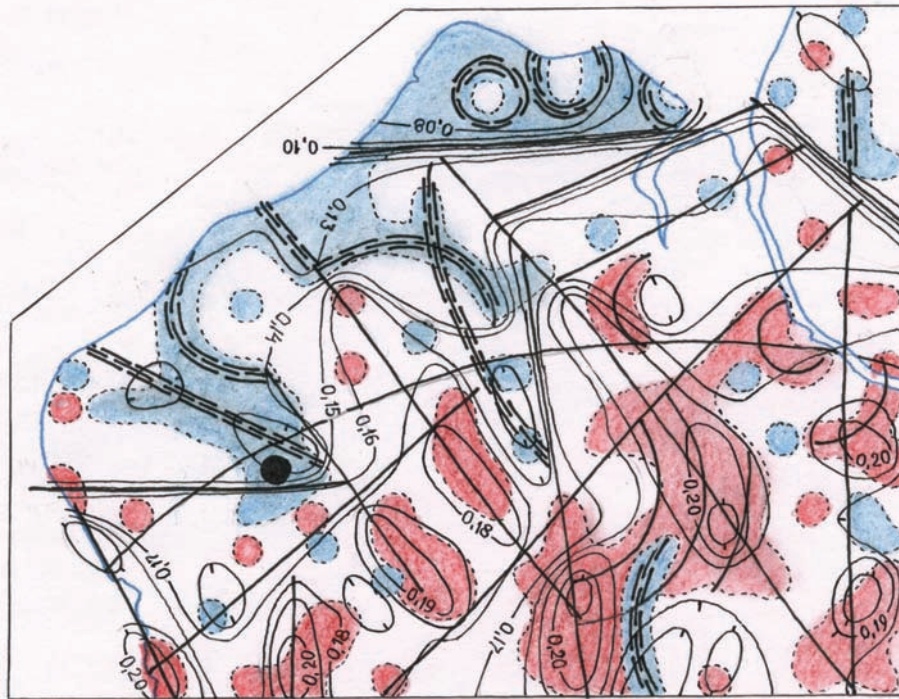


Рис. 4. Концентрическая составляющая гидросети и рельефа. Обозначения см. рис. 1. Высокие значения 0,19-0,24; низкие 0,09-0,11 км/кв.км.

При интерпретации результатов математического анализа для выделения тектонических нарушений автор придерживался одного принципа – низкие значения считались признаками зон высокой трещиноватости и дробления; высокие значения – признаками разломов. Прогнозные построения проведены согласно правил числового моделирования исследуемых объектов, правил интерполяции и экстраполяции математических данных. Установленные таким образом элементы тектоники сведены на одну прогнозно-структурную схему, рис. 6 Б.

На схеме четко проявилась зона сближенных субпараллельных нарушений преимущественно северо-восточного простирания, названная Золотицко-Соянской линейной геодинамической системой (ЗС ЛГДС). Она пересекает Беломорско-Кулойский террейн, имеет тенденцию на выклинивание в Мезенской губе и на разветвление в юго-западном направлении. В границах ЗС ЛГДС находится Ломоносовское алмазное поле.

Любые прогнозно-структурные исследования направлены на выяснение закономерностей размещения известных месторождений и выделение новых потенциально рудоносных участков. По мнению автора, этой цели отвечает «показатель алмазности» (см. рис. 5). Размещение высоких значений показателя наиболее полно аппроксимируется системой кругов с радиусами 110, 79, 55, 39, 28, 19, 14, 10 км с центром в верховье речки Нырзанга. Подавляющее большинство «вспышек» показателя приурочено к кругу радиуса 79 км, к нему же тяготеет

и месторождение им М.В. Ломоносова. Т.е. если ставить во главу исследований объективность, то алмазность Беломорско-Кулойского района следует рассматривать с позиций концепции очаговых геодинамических систем (упорядоченной геосреды). Концепция упорядоченной геосреды развивается ВНИИгеосистем, освещена в ряде работ, в частности, основные положения концепции изложены в работе [2].

Результаты математического анализа рельефа хорошо отвечают концепции упорядоченной геосреды и дают основание утверждать о существовании Беломорско-Кулойской очаговой геодинамической системы (БК ОГДС) с указанными выше параметрами и расположением. Листрические разломы радиусов 110, 79 км можно рассматривать в качестве главных структурных элементов БК ОГДС, контролирующих высокопродуктивный минерагенез. Несомненный интерес представляет район эпицентра БК ОГДС, особенно участок сопряжения его с ЗС ЛГДС.

По «показателю алмазности» (рис. 5) положительно отмечается также листрический разлом радиуса 55 км с центром в поле Ломоносовского месторождения.

Таким образом, процесс тектоно-магматической активизации характеризуется развитием Золотицко-Соянской линейной и Беломорско-Кулойской очаговой геодинамических систем. Из других крупных структурных элементов внимания заслуживают дуговые разломы радиусов 312, 220, 155 км. Все

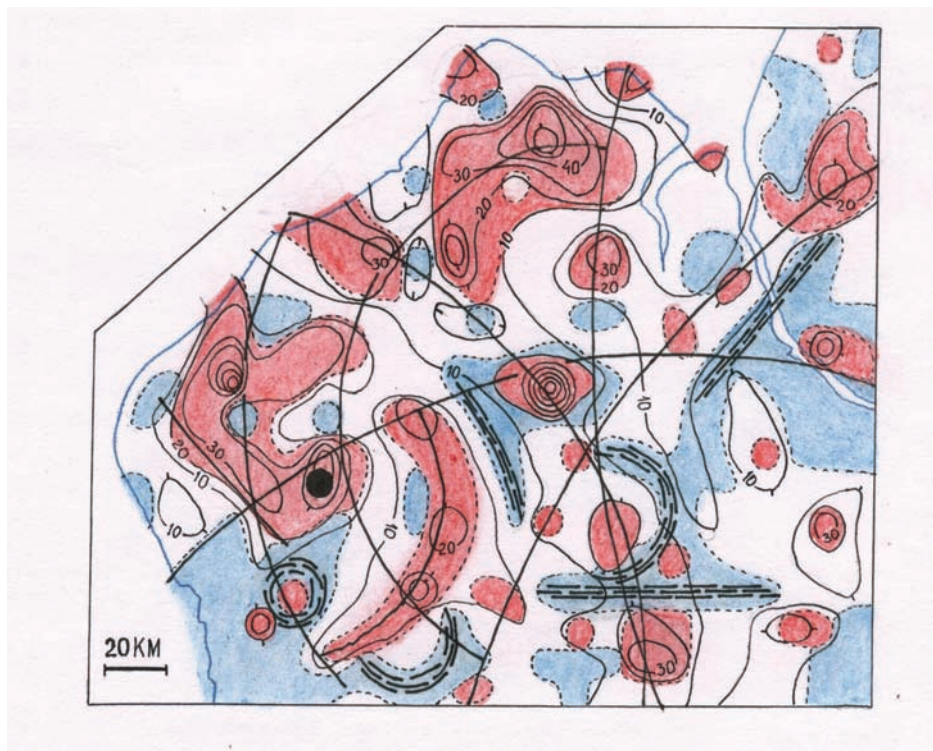


Рис. 5. Показатель алмазности. Обозначения см. рис. 1. Высокие значения 16-72 единиц; низкие 2-5 единиц

они фрагментарно выражены высокими значениями «показателя алмазности». Из них выделяется субширотный разлом с радиусом кривизны 220 км. По «концентрической составляющей» он разделяет террейн на две части: северную – с преобладающими низкими значениями; южную – с высокими значениями. К этому разлому приурочено месторождение им М.В. Ломоносова и самая контрастная аномалия «показателя алмазности» в районе эпицентра БК ОГДС.

Влияние этого разлома, возможно, распространяется и за пределы рассматриваемого района. Учитывая гипотетические факторы формирования рельефа и полученные математические данные, на рис. 6Б показаны вероятные ареалы проявлений платформенного магматизма. Площадные ареалы приповерхностных магматитов характерны для внешней зоны БК ОГДС (зоны влияния листрических разломов радиусов 79 и 110 км).

Полагаясь на объективность и достоверность математических методов, по результатам проведенных исследований выделено 22 участка прогнозных месторождений, ранжированные по «показателю алмазности» (рис. 6Б). Для более обоснованной оценки перспектив прогнозных месторождений проведено также сопоставление с эталонным месторождением им. М.В. Ломоносова по их структурно-тектоническим позициям – см. таблицу. В таблице включена оценка эрозионного среза. Для решения вопроса об уровне эрозионного среза необходимы специальные исследования, но в первом приближении, правда

весьма грубом, об эрозионном срезе можно судить по абсолютным отметкам современной поверхности (гипсометрическому уровню). Проводя аналогию с Ломоносовским алмазоносным полем, безусловными перспективами обладают еще два поля – Романовское (по назв. урочища «изба Романова») и Соянское (р. Сояна). В структурном отношении для месторождения им. М.В. Ломоносова наиболее очевидно его размещение в ЗС ЛГДС и приуроченность к узлу пересечения листрического разлома радиуса 79 км с дуговым субширотным разломом радиуса 220 км. К узлу пересечения этих разломов относится участок № 12 на правом берегу р. Мезень при устье р. Пеза, однако по полученным данным он может рассматриваться только как объект второй – третьей очереди поисков.

Крупные концентрические системы характеризуются [2] как «... постоянно подновляющиеся на структурном и вещественном уровнях геологической организации геодинамические системы», т.е. рассматриваются как полихронные полицикличные пульсационные геодинамические системы. Вероятно, это характерно не только для крупных систем планетарного и провинциального ранга, но и для ОГДС ранга рудных районов в т.ч. для алмазоносных (потенциально-алмазоносных) районов. В этих аспектах могут рассматриваться и перспективы алмазности Беломорско-Кулойской ОГДС. Исходя из этого, потенциально-алмазоносные поля и участки, полученные в результате прогнозно-структурных исследований, представляют интерес не только для выявления

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНО – АЛМАЗОНОСНЫХ УЧАСТКОВ (ПОЛЕЙ)

№№ на схеме, рис. 6Б В скобках указаны макс. значения «показателя алмазности»	Структурно - тектонические критерии										Эрозионный срез		Итоговая оценка	Рекомендуемая очередность работ		
	Золотипско-Соянская ЛПДС	Эпицентры очаговых структур Беломорско- Кулойской ОЛДС	Листрические разломы разломы 110, 79, 55 км	Дуговой субширотный разлом разлома 220км	Линейные разломы широтного протирания	Кольцевые и концентрические разломы разломы 10 - 20 км	Линейные зоны высокой трещиноватости и дробл. СВ прот.	Линейные зоны высокой трещиноватости и дробл. СЗ прот.	Баллы	Баллы по «показателю алмазности»	Сумма баллов	Гипсометрический уровень, м			Оценка	
1 (60) Северное			++		+	++					5	6	11	М	11М	1
2 (20)	+		+								3	2	5	М	5М	
3 (33) Семжинское											1	3	4	М	4М	2
4 (29)											3	3	6	М	6М	
5 (30) Черное			++			++					5	3	8	М	8М	1
6 (40)			++			++					1	4	5	М	5М	2
7 (38) Починское	++		++			++					7	4	11	М	11М	1
8 (67) Романовское			+								3	7	10	П	10П	1
9 (25)			+								1	3	4	М	4М	
10 (27) Соянское поле	++	+		+		++					9	3	12	П	12П	1
11 (72)	+	++		+		++					6	7	13	П	13П	1
12 (18)			++								3	2	5	М	5М	
13 (38) Ломоносовское	++	++	+	+		++					11	4	15	Э	15П	
14 (37) поле	++	+	+	++		++					8	4	12	П	12П	
15 (25) Ернинское	++		++	++		++					8	3	11	М	11М	1
16 (24)			++								2	2	4	П	4П	2
17 (23)			++								2	2	4	П	4П	2
18 (26)			++								1	2	3	М	3М	
19 (30)			++								3	3	6	М	6М	2
20 (22)	++		++			++					4	2	6	М	6М	
21 (30) Козольское			++								2	3	5	П	5П	2
22 (33) Кулойское			+								4	3	7	М	7М	2
23 (22)			+								1	2	3	М	3М	

Обозначения: ++ находится; + приурочено; Э – эгалонный; П – перспективный; М - малоперспективный

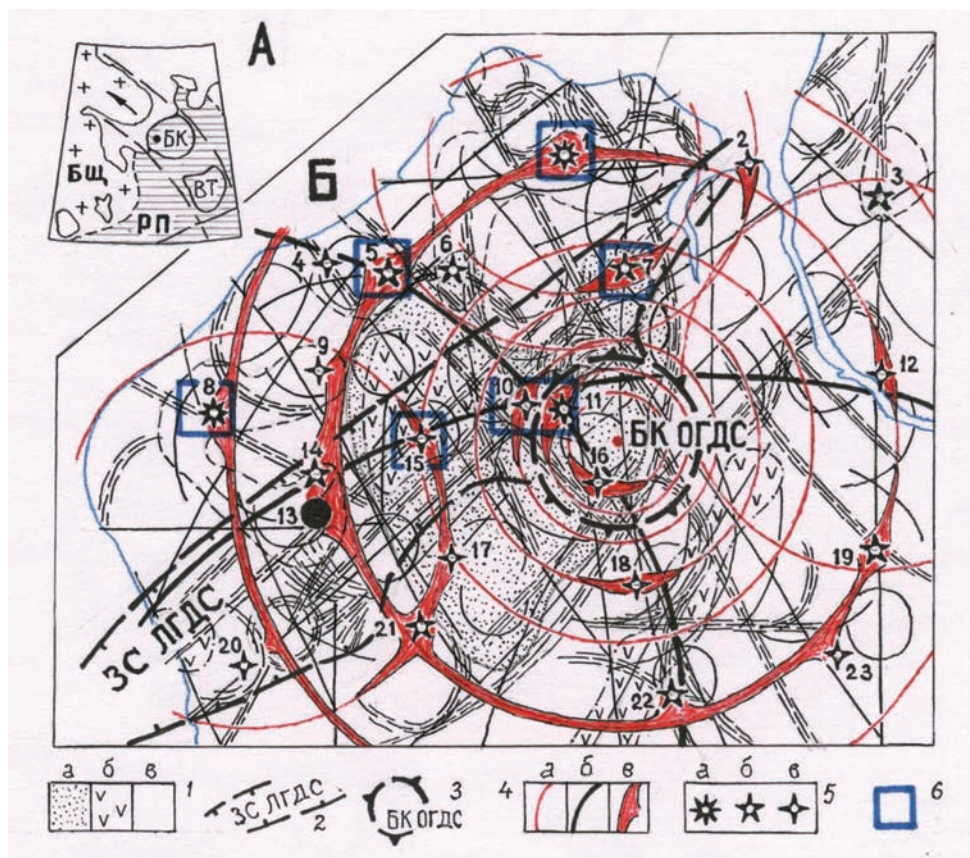


Рис. 6. А – обзорная гипотетическая тектоническая схема. БЩ – Балтийский кристаллический щит обнаженный и/или закрытый маломощным чехлом осадочных пород. РП – Русская плита; кратонические террейны: БК – Беломорско-Кулойский (район прогнозных исследований), ВТ – Верхнетоемский. Точкой обозначено месторождение им. М.В. Ломоносова. Стрелкой указан вектор растяжения.

Б – прогнозно-структурная схема Беломорско-Кулойской ОГДС. 1 – ареалы проявлений платформенного магматизма: а – субинтрузивные комплексы на границе фундамента и платформенного чехла; б – близповерхностные вулканиты; в – приповерхностные магматиты (потенциально алмазоносные поля). 2 – Золотицко-Соянская линейная геодинамическая система. 3 – район эпицентра Беломорско-Кулойской очаговой геодинамической системы. 4 – наиболее проявленные структурные элементы: а – осевые линии кольцевых геодинамических зон обусловленных глубинными энергетическими импульсами БК ОГДС; б – дуговые разломы, влияющие на размещение магматитов; в – листрические разломы, контролирующие высокопродуктивный минерагенез. 5 – прогнозные месторождения, ранжированные по «показателю алмазоносности»: а – значения показателя (72-41); б – (40-30); в – (29-18). Цифрами указаны № № прогнозных месторождений. 6 – алмазоносные поля (участки) наиболее перспективные на выявление промышленных месторождений. Остальные обозначения см. рис. 1.

палеозойских кимберлитов, но и алмазосодержащих пород других формационных и возрастных групп.

Обобщая изложенное, в пределах БК ОГДС шесть полей могут быть интерпретированы как безотказные для выявления промышленных месторождений – это Романовское поле (на рис. 6Б обозначено № 8); Черное (5); Северное (1); Ернинское (15); Соянское (10 и 11); Починское (7). На одном из трех полей (Соянское, Романовское, Северное) можно ожидать открытие крупного месторождения.

Рассмотренная методика может быть полезной для прогнозно-структурных исследований других районов, в частности Верхнетоемского (см. рис. 6А) района Архангельской алмазоносной провинции. Возможности математического анализа рельефа подробно изложены в публикации [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. ГП «Аэрогеодезия» ФСГКР. Архангельская область. Общегеографическая карта масштаба 1:1000000. Издание 1995 г.
2. В.Ю. Зайченко, П.Г. Гильберштейн, В.В. Муравьев, В.Д. Нарतिकоев. Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии Земли (идеи, прогнозы, проекты, технологии). Геоинформатика 2000 г., № 3, с. 8-15 (с участием Ю.П. Видяпина).
3. И.В. Антощенко-Оленев. Числовые модели рельефа и возможности выявления по ним границ литоморфных и новейших тектонических структур. Отечественная геология 2001 г. № 2 с. 3-5.