

A.G. Berzin, T.A. Arkhipova

## The research of south-western areas of Sakha (Yakutia) for acceleration of the building of hydrocarbon raw materials in connection with the implementation of megaprojects

The authors evaluate the forecast hydrocarbon reserves and the justification for further research directions for accelerated capacity in the northern part of the Nepa-Botuoba antecline in Yakutia, relying on identified features of placing deposits of hydrocarbons and natural control of geological structures.

*Key words:* Nepa-Botuoba antecline, Nepa-Peleduysky vault, natural population, natural associations, estimated reserves, deposits of hydrocarbons, activated fractured systems, structural plans of deposits, the relief of the crystalline basement rift system, crystal plate, under foundation deposits.



УДК 550.83.016 (571.56)

Е.Э. Соловьев, В.Ю. Фридовский

## ЗОЛОТОРУДНЫЕ УЗЛЫ ВЕРХНЕИНДИГИРСКОГО РАЙОНА В ЛОКАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ АНОМАЛИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Представлены результаты анализа гравиметрического поля центральной части Верхнеиндигирского района. Получены новые данные о глубинном строении и закономерностях размещения золотого оруденения района.

*Ключевые слова:* гравиметрическое поле, анализ, трансформации, аномалии, рудно-россыпные узлы, золото, размещение.

### Введение

Особое прогнозно-поисковое значение в последнее время приобретает обработка при помощи современных программных средств геопотенциальных полей. Прогнозные построения, основанные на анализе геофизических данных, выполнены на Олимпиадинском месторождении (Енисейский кряж), Форт Нокс и Донлин Крик (Канада). Скрытое оруденение Хисикари (Япония), Олимпик Дэм (Австралия) обнаружено в результате анализа аномалий гравитационного поля [1]. В складчатых областях Забайкалья – Дальнего Востока по гравиметрическим данным выделены и локализованы рудоносные и потенциально-рудоносные площади разного ранга [2]. Анализ гравитационных аномалий является эффективным инструментом для выявления закономерностей размещения полезных ископаемых [2].

Исследования проведены в центральной части Верхнеиндигирского района, входящего в состав Главного золотоносного пояса северо-востока России – одного из крупнейших в мире по ресурсам золота.

Район расположен в области интерференции динамических напряжений Колымо-Омолонского микроконтинента, Охотского террейна и окраинных структур палеотихого океана и принадлежит Яно-Колымскому позднеюрско-ранненеокомовому коллизионному металлогеническому поясу [3, 4, 5]. Наиболее значимые рудные объекты исследуемого района сконцентрированы в пределах Бадранского, Базовского и Талалахского рудных полей и представлены преимущественно золото-кварцевыми жильными месторождениями и рудопроявлениями, реже проявлено оруденение минерализованных зон дробления и смятия [6, 7]. Район сложен терригенными толщами триасового и юрского возрастов. Интрузивные образования относятся, в основном, к Тас-Кыстабытскому магматическому поясу. Крупнейшими разрывными структурами района являются Мугурдах-Селериканская, Адыч-Тарынская зоны разломов и Чаркы-Индибирский надвиг (рис. 1).

Рудные объекты относятся к группе месторождений золота, локализующихся в мощных углеродистых терригенных комплексах с проявлением мантийнокорового и корового магматизма [8, 9]. Основными геологическими критериями прогноза оруденения группы являются напряженная дислоцированность складчатого и разрывного типов в основании терригенного комплекса, развитие крупных надвиговых дислокаций, наличие гранитоидных комплексов [8].

СОЛОВЬЕВ Евгений Эдуардович – к.г.-м.н., доцент ГРФ ЯГУ.

E-mail: solov.evg@yandex.ru

ФРИДОВСКИЙ Валерий Юрьевич – д.г.-м.н., профессор, проректор по научной работе ЯГУ.

E-mail: fridovsky@ysu.ru

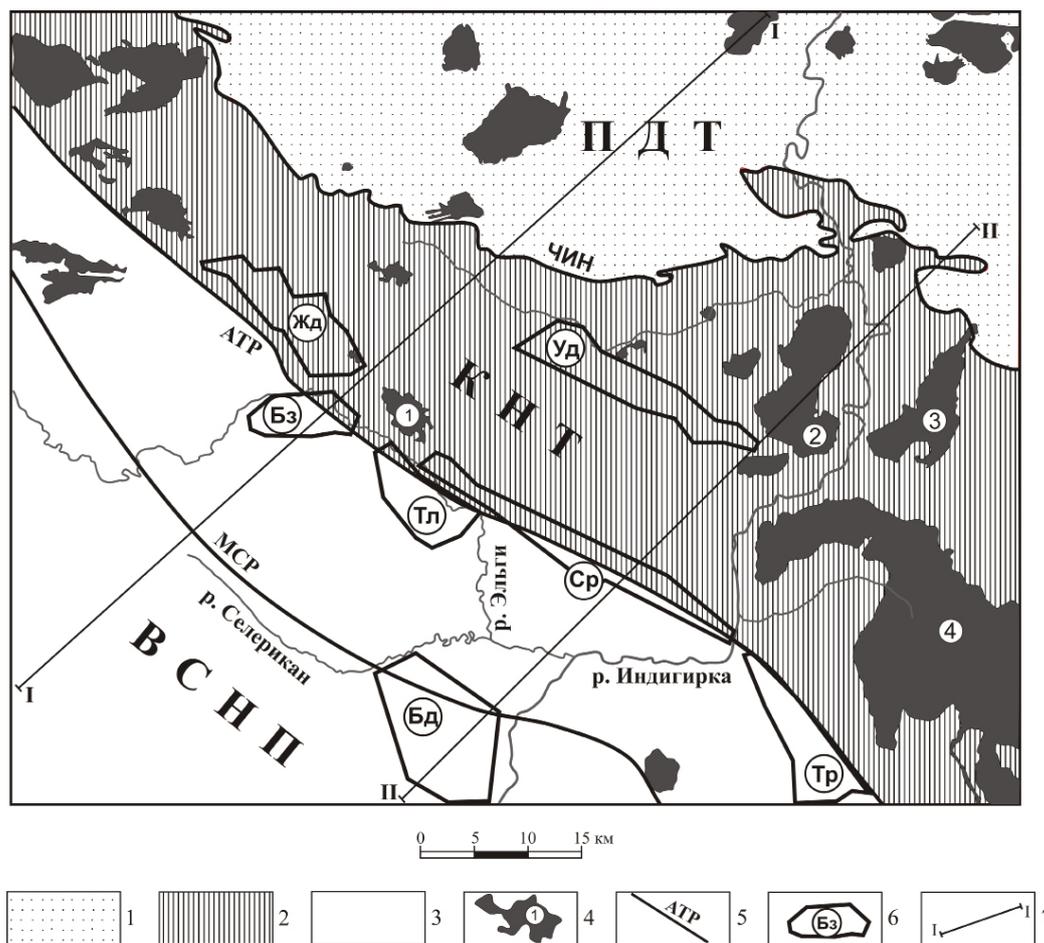


Рис. 1. Основные тектонические структуры Верхнеиндигирского района

1 – Полоусно-Дебинский террейн (ПДТ); 2 – Кулар-Нерский террейн (КНТ); 3 – Верхоянский складчато-надвиговый пояс (ВСНП); 4 – магматические образования: 1 – Право-Арангасский, 2 – Левоиндигирский, 3 – Усть-Нерский, 4 – Нельканский; 5 – разломы: МСП – Мугурдах-Селериканский, АТР – Адыча-Тарынский, ЧИН - Чаркы-Индигирский надвиг; 6 – рудно-россыпные узлы: Бд – Бадранский, Тр – Тарынский, Ср – Сарылахский, Тл – Талалахский, Бз – Базовский, Жд – Жданный, Уд – Удуминский; 7 – положение интерпретационных профилей, показанных на рис. 4

### Результаты анализа и их геологическая интерпретация

Гравитационное поле рассматриваемой территории характеризуется условно отрицательными значениями аномалий силы тяжести, что характерно для орогенных областей [10]. Структура поля  $\Delta g$  обусловлена особенностями геологического строения региона: положением кристаллического фундамента, развитием крупных магматических образований и протяженных разрывных структур. Разрывные структуры в гравиметрическом поле выделяются по косвенным признакам – линейно-вытянутым аномалиям и нарушениям их регулярности. Гранитоидные массивы, имеющие дефицит плотности по отношению к вмещающим породам, отмечаются пониженными значениями поля  $\Delta g$ .

Особенностью гравитационного поля является его мозаичная структура, что указывает на блоковое глубин-

ное строение района [11]. Для его центральной части характерны повышенные значения поля силы тяжести, которые затем резко убывают к северо-западу, образуя градиентную зону интенсивностью до 4 мГл/км. Зона вытянута в северо-восточном направлении на расстояние около 80 км при ширине 3-4 км и дискордантна к основным геологическим структурам региона. Уменьшение значений поля  $\Delta g$ , вероятно, указывает на погружение фундамента, увеличение мощности терригенных и карбонатных пород к северо-востоку.

Для получения дополнительной информации о закономерностях размещения золотого оруденения проведены трансформации аномального гравиметрического поля. Преобразования поля проводились в автоматизированной программе «Coscad 3Dt», предназначенной для обработки геолого-геофизических данных на основе статистического и спектрально-корреляционного анализа [12, 13, 14, 15].

Выполнена следующая обработка гравитационного потенциала:

1. Расчет двумерной автокорреляционной функции для выбора оптимального размера скользящего окна.
2. Двумерная адаптивная энергетическая фильтрация с выделением локальной и региональной составляющих.
3. Оценка параметров аномалеобразующих объектов (спектральная оценка распределения гравитационных масс).

4. Вычисление центральных статистических моментов в скользящем окне (дисперсия).

Ранее [16, 17] было показано, что при выделении локальной и региональной составляющих геопотенциальных полей эффективным является применение двумерной адаптивной энергетической фильтрации. На схеме локальной составляющей гравиметрического поля отражается информация об общем распределении плотностных неоднородностей в верхних горизонтах коры исследуемой территории (рис. 2).

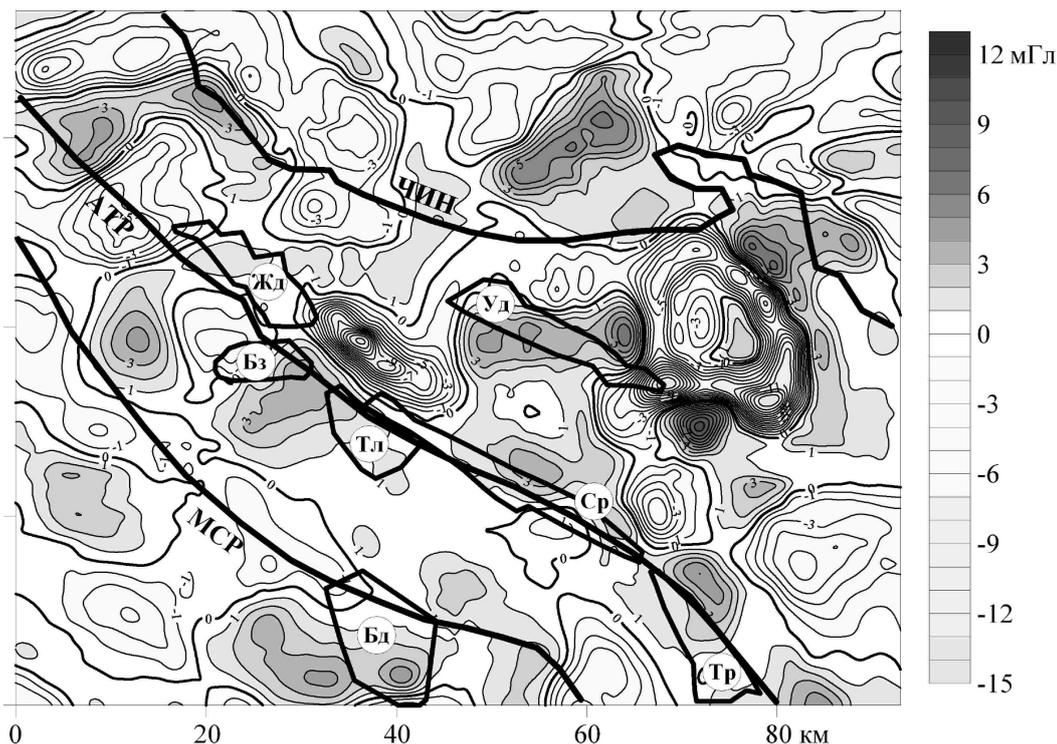


Рис. 2. Схема локальной составляющей гравиметрического поля центральной части Верхнеиндигирского района

Адыча-Тарынский разлом и Чаркы-Индибирский надвиг фрагментарно прослеживаются по цепочкам локальных аномалий различного знака  $\Delta g_{\text{ЛОК}}$  преимущественно северо-западного простирания шириной до 3 км. Отмечается изменение ориентировки локальных аномалий до северо-восточного в пределах Бадранского, Базовского, Удминского и Жданного рудно-россыпных узлов. Мугурдах-Селериканский разлом на схеме трансформированного поля прослеживается по слабоконтрастным линейно-вытянутым в северо-западном направлении локальным аномалиям отрицательного знака  $\Delta g_{\text{ЛОК}}$ . Слабая интенсивность аномалий, вероятно, связана с листрическим характером сместителя Мугурдах-Селериканского разлома. Можно предполагать, что Мугурдах-Селериканский разлом является ответвлением от Адыча-Тарынского разлома и трассируется по горизонту скольжения. Северо-западнее Левоиндигирского массива фиксируются линейные локальные гравитацион-

ные аномалии положительного знака северо-восточной ориентировки, которые смещают локальные аномалии северо-западного простирания.

Магматические образования выделяются аномалиями изометричной формы и характеризуются отрицательным знаком трансформированного поля (рис. 2). Левоиндигирский и Усть-Нерский плутоны проявляются единым зональным магматическим образованием. Обращает на себя внимание расположение известных рудно-россыпных узлов на значительном удалении от интрузивных тел. Расстояние от центральной части рудно-россыпных узлов до ближайшего эпицентра локальных гравитационных минимумов, отвечающих магматическим образованиям, в среднем, составляет 13,1 км (табл.). Близкие оценки даны Сафоновым Ю.Г. [18] для парагенетически связанных малых интрузий и золотого оруденения орогенного типа (OGD). Установленная закономерность

свидетельствует о взаимосвязи рудообразующих и магматических систем района.

Анализ локальных аномалий показал, что в верхней части земной коры исследуемой территории преобладают линейные структуры северо-западного и северо-восточного простирания, знак которых зависит от степени разуплотнения горных пород, минерализации и других факторов. Одним из геофизических критериев размещения золотого оруденения является приуроченность рудно-россыпных узлов к периферийным частям локальных аномалий положительного знака.

Таблица

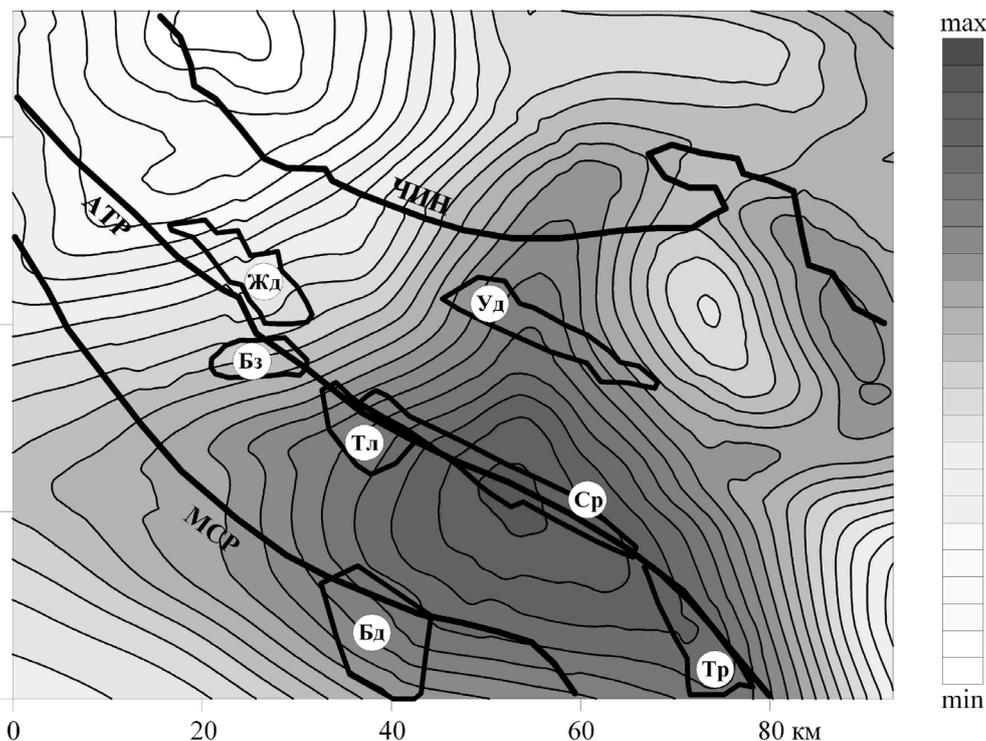
**Расстояние от центральной части площади рудно-россыпных узлов до ближайшего эпицентра локальных гравитационных минимумов**

| N/n | Рудно-россыпной узел    | Ближайший массив  | Расстояние до эпицентра локальной аномалии, км |
|-----|-------------------------|-------------------|--|
| 1   | Жданный                 | Право-Арангасский | 14,5   |
| 2   | Базовский               | Право-Арангасский | 11,2   |
| 3   | Талалахский             | Право-Арангасский | 7,5  |
| 4   | С а р ы л а х - с к и й | Нельканский       | 16,4   |
| 5   | Удунинский              | Левоиндигирский   | 14,9   |
| 6   | Тарынский               | Нельканский       | 13,1   |
| 7   | Бадранский              | ? не вскрытый     | 14,1   |
| 8   | Среднее расстояние      |                   | 13,1   |

На схеме региональной составляющей гравиметрического поля выделен блок повышенных значений  $\Delta g_{\text{РЕГ}}$ , который представляет собой пирамиду с треугольным основанием, грани которой ориентированы в субширотном, субдолготном и юго-восточном направлениях (рис. 3). С востока блок осложнен влиянием Нельканского, Левоиндигирского и Усть-Нерского гранитоидов. Блок повышенных значений  $\Delta g_{\text{РЕГ}}$  отражает поднятие кристаллического фундамента в центральной части Верхне-Индигирского района. К склонам поднятия приурочены наиболее крупные рудно-россыпные узлы района.

Для оценки распределения гравитационных масс центральной части Верхне-Индигирского района построены интерпретационные профили, где выделены блоки с пониженной и повышенной плотностью (рис. 4). Рудно-россыпные узлы приурочены к блокам с повышенной плотностью горных пород.

На рис. 5 показаны результаты расчета значений дисперсии гравиметрического поля. Установлено, что рудно-россыпные узлы пространственно тяготеют к участкам пересечения разрывных нарушений северо-западной и северо-восточной ориентировки, что может служить дополнительным критерием оценки перспективности слабоизученных территорий.



**Рис. 3.** Схема региональной составляющей гравиметрического поля центральной части Верхнеиндигирского района

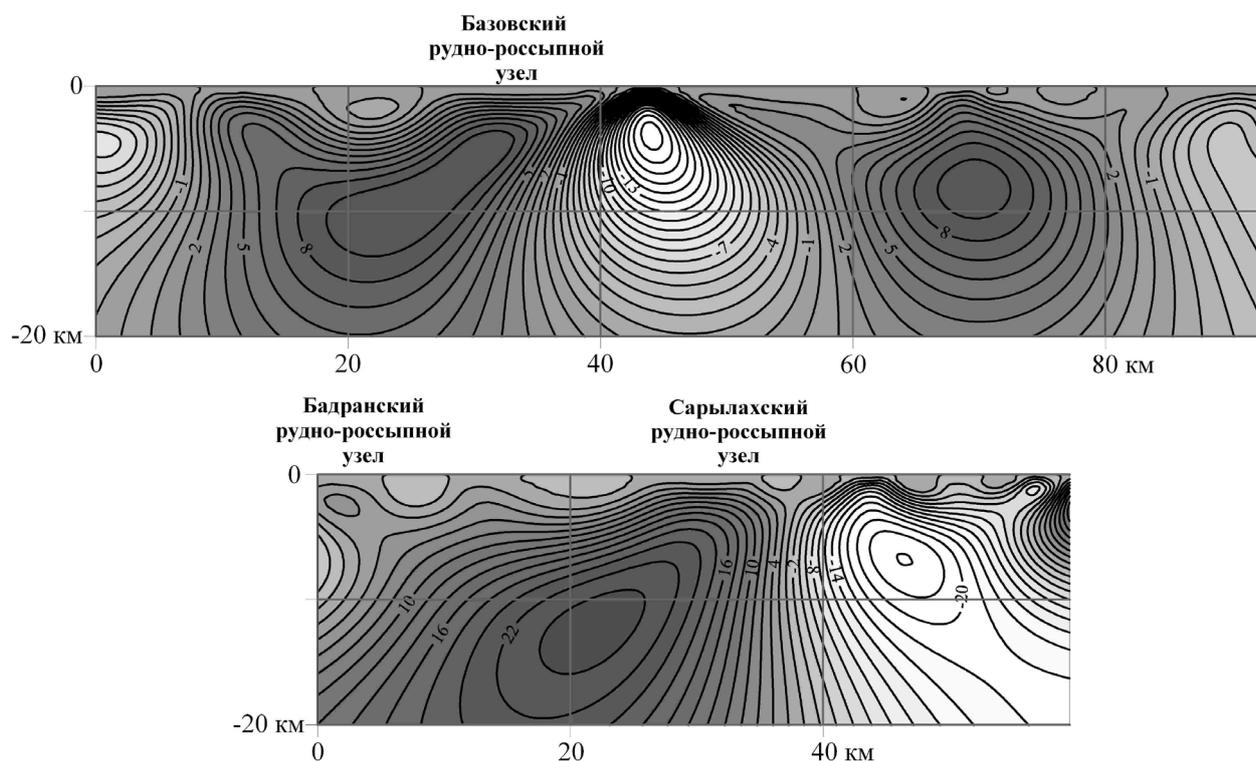


Рис. 4. Оценки распределения гравитационных масс по интерпретационным профилям. Положение профилей показано на рис. 1

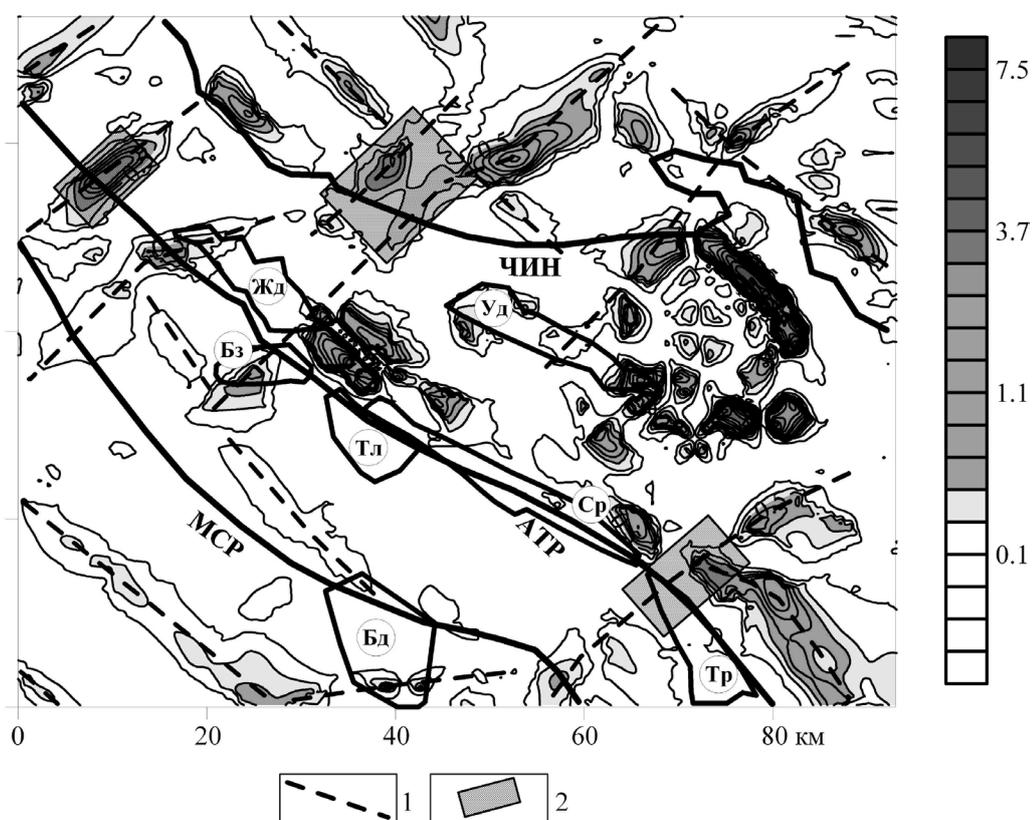


Рис. 5. Схема дисперсии гравитационного поля центральной части Верхнеиндигирского района  
1 – разрывные структуры, устанавливаемые по дисперсии; 2 – перспективные площади развития золоторудных месторождений

### Заключение

Для Верхнеиндигирского района характерно блоковое строение с преобладанием в верхней части земной коры линейных структур северо-западной и реже северо-восточной ориентировки. Установлено погружение фундамента, увеличение мощности терригенных и карбонатных пород в северо-восточном направлении.

Анализ размещения рудно-россыпных узлов выявил их приуроченность к местам пересечения разрывных нарушений на склонах поднятия фундамента, выраженного региональным гравитационным максимумом, а также к участкам повышенной плотности горных пород. Расстояние от эпицентров локальных гравитационных минимумов (магматические образования) до рудно-россыпных узлов составляет в среднем 13,1 км. Выявленные закономерности могут быть использованы при анализе размещения и прогнозировании золотого оруденения рудно-россыпных узлов региона.

Исследования выполнены при поддержке АВЦП Минобрнауки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы (2.1.1/558, 2.2.1.1/2568)».

### Литература

1. Волков А.В., Сидоров В.А. Крупные месторождения золота и серебра Северо-Востока России (геолого-генетические и поисковые модели) // Золото северного обрамления Тихоокеанского региона. – Магадан, 2008. – С. 14-15.
2. Духовский А.А., Артамонова Н.А. Выделение по гравиметрическим данным разноранговых рудоносных площадей как основы для прогнозных построений (на примере складчатых областей Забайкалья – Дальнего Востока) // Отечественная геология. – 2005. – № 4. – С. 77-84.
3. Соловьев Е.Э., Фридовский В.Ю. Геофизические поля Верхне-Индигирской тектонической зоны (Северо-Восток Якутии) // Материалы международной конференции Смирновские чтения. – М.: МГУ, 2010. – С. 163.
4. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 571 с.
5. Фридовский В.Ю. Металлогения коллизионных место-

рождений золота Верхояно-Колымской орогенной области // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2000. – № 4. – С. 53-67.

6. Фридовский В.Ю. Золотоносные структуры Верхояно-Черского коллизионного орогена // Изв. вузов: Геология и разведка. – 1998. – № 3. – С. 52-62.

7. Фридовский В.Ю. Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран // Изв. вузов: Геология и разведка. – 1999. – № 1. – С. 60-65.

8. Константинов М.М., Аристов В.В., Вакин М.Е. и др. Условия формирования и основы прогноза крупных золоторудных месторождений. – М.: ЦНИГРИ, 1998. – 155 с.

9. Яновский В.М. Рудоконтролирующие структуры терригенных миогеосинклиналей. – М.: Недра, 1990. – 216 с.

10. Духовский А.А., Артамонова Н.А., Атаков А.И. и др. Методическое пособие по изучению глубинного строения складчатых областей для государственной геологической карты России масштаба 1:1000000. – СПб.: Изд-во: ВСЕГЕИ, 2005. – 135 с.

11. Соловьев Е.Э., Фридовский В.Ю. Тектонические структуры центральной части Верхне-Индигирского района по геофизическим данным (Восточная Якутия) // Материалы XLIII тектонического совещания «Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя». – М.: МГУ, 2010. – С. 306-308.

12. Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

13. Электронный ресурс [www.coscad3d.ru](http://www.coscad3d.ru) (дата обращения: 14.04.2010).

14. Лебедев А.Н. Основные приемы оценки глубины залегания источников гравитационных и магнитных аномалий // Геология и разведка. – 2001. – № 2. – С. 85-92.

15. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М.: ЦИТВП, 2008. – 114 с.

16. Соловьев Е.Э. Геофизические поля юго-восточного сектора Адыча-Нерской металлогенической зоны // Вестник Якутского государственного университета. – 2005. – Т. 2. – № 1. – С. 91-97.

17. Фридовский В.Ю., Соловьев Е.Э., Полуфунтикова Л.И. Динамика формирования и структуры юго-восточного сектора Адыча-Нерской металлогенической зоны // Отечественная геология. – 2003. – № 3. – С. 16-21.

18. Сафонов Ю.Г. Пространственно-генетические соотношения золоторудных месторождений и интрузивного магматизма // Золото северного обрамления Тихоокеанского региона. – Магадан, 2008. – С. 12-14.

*E.E. Soloviev, V.Yu. Fridovsky*

## Gold sites in Verhneindigirsky area in local and regional anomalies of the gravitational field (Eastern Yakutia)

The authors introduce the results of the analysis of the gravimetric field in the central part of the Upper Indigirka area. The new data on the deep structure and patterns of distribution of gold mineralization in the area were found.

*Key words:* gravimetric field, analysis, transformation, anomalies of ore-placer sites, gold, accommodation.



**ВЕСТНИК  
ЯКУТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**Научный журнал**

**Том 7**

**№ 2**

**апрель-июнь**

Редакторы  
*Г.П. Келеберда, Н.Ю. Печетова*  
Компьютерная верстка *Л.М. Винокурова*  
Оформление обложки *П.И. Антипин*

Подписано в печать 23.06.2010. Формат 60х84/8.  
Гарнитура “Таймс”. Печать офсетная.  
Печ.л. 19,04. Уч.-изд.л. 23,8.  
Тираж 500 экз. Заказ .

Издательство ЯГУ, 677891, г. Якутск, ул. Белинского, 58  
Отпечатано в типографии издательства ЯГУ