

## **Введение**

Россыпи играют важную роль как источники многих видов минерального сырья, к их числу относятся: минералы титана, циркония, тантала, ниобия, вольфрама, олова; золото, платиноиды (платина, иридий, родий, палладий, осмий, рутений), янтарь, алмазы .

Высокий интерес горнодобывающей промышленности к россыпным месторождениям обусловлен сравнительно невысоким уровне затрат при получении высококачественных концентратов ценных минералов.

Вместе с тем существенная часть россыпных месторождений по разным причинам не привлекательны для инвестора. Это связано в первую очередь с тем, что крупные, богатые и неглубоко залегающие россыпи в настоящее время уже отработаны и остались россыпи, если целиковые, то в удаленных районах, бедные, на значительных глубинах и обводненные; если частично отработанные, то обесцененные селективной выемкой богатых участков.

В связи с исчерпанием фонда «легкооткрываемых» месторождений все большее значение приобретает предпроектное прогнозирование в общем цикле геологоразведочных работ.

### **Цели проекта — создание инструмента крупномасштабного прогноза россыпных объектов.**

В результате реализации проекта будет создана программная система, которая:

1. Обеспечивает физически обоснованное выявление участков перспективных на наличие скопления полезных компонентов с необходимой детальностью для крупномасштабного прогнозирования (масштаб отчетных материалов 1:50000-1:25000);
2. Предоставляет возможность в дальнейшем получить количественные оценки прогнозных ресурсов категории P2 -P3 (ГКЗ) ~ exploration target (Кодекс JORC) - Hypothetical Resources (Circular 831 USGS 1980);
3. Характеризуется высокой степенью автоматизации
4. Минимизирует влияния субъективного фактора.

Продукцией, получаемой в результате реализации проекта, является геологический прогноз.

Потребители геологического прогноза — добывающие, геологические и юниорные геологические компании производящие поисковые геологоразведочные работы.

## Особенности технологии

Научная новизна предлагаемых в инновационном проекте решений заключается:

1. В применении современного аппарата математической физики для описания переноса полезного компонента (россыпеобразующих минералов) - аномальная диффузия (субдиффузия) на фрактальной структуре является лучшей аппроксимацией реального процесса переноса полезного компонента, в сравнении с распространенными моделями диффузионного типа;
2. В учете влияния на перенос и накопление полезного компонента (на уровне коэффициента диффузии) фрактального характера эрозионного рельефа;
3. В использовании приемов решения обратных задач математической физики при аппроксимации номинальных геологических переменных.

### *Методы и способы решения поставленных задач.*

#### *1 Физически обоснованное выявление участков перспективных на наличие скопления полезных компонентов.*

Стратегия поисков новых месторождений полезных ископаемых строится на целенаправленном и эффективном выборе объектов для дальнейших геологических исследований. Точный и надежный геологический прогноз резко повышает результативность поисков. Тем не менее, в настоящее время стратегия поисковых работ на объекты, как коренного, так и россыпного золота строится по стандартной схеме — выделение потенциально перспективных площадей в ранге рудных районов, узлов, полей и месторождений с использованием эмпирических прогнозно-поисковых моделей металлогенических и морфогенетических таксонов разных уровней, далее проводятся поисковые работы.

Учитывая, что:

- прогнозно-поисковые модели составляются по хорошо изученным геолого-геоморфологическим таксонам, а применяются на площадях предшествующего уровня с более низкой изученностью, где самые важные типоморфные признаки еще не найдены;
- используемые среднемасштабные геологические карты (масштаб 1: 200 000), при слабой обнаженности, часто не отражают истинное геологическое строение;
- прогнозно-поисковые модели субъективны, зависят от принятых авторами металлогенических концепций, сменяющих друг друга по мере развития наук о Земле;

в целях увеличения эффективности поисковых работ на россыпные месторождения представляется необходимым дополнить существующий подход в построении прогноза россыпенности, принципиально иным, основанным на физических представлениях о механизме переноса и накопления полезного компонента.

1. В реализуемом проекте способе прогноза россыпных месторождений полезных ископаемых, путем создания цифровой модели рельефа (ЦМР) исследуемой территории и вычисления морфометрических-дифференциальных характеристик рельефа в пределах водосборной площади выявляются участки перспективные на наличие скопления полезных компонентов.
2. Для точек исследуемой территории в качестве прогностических признаков используется вычисленная оценка правой части уравнения переноса в нелинейном диффузионном приближении дробного порядка для фрактальной среды, являющаяся оценкой дивергенции (взятой с обратным знаком) гипотетического потока полезного компонента, а также ее дифференциальные характеристики.
3. При вычислениях используется коэффициент диффузии, характеризующий скорость переноса полезного компонента в результате действия гравитационных и водных процессов, который (коэффициент диффузии) представляет собой функцию координат, зависит от рельефа земной поверхности в пределах водосборной площади точки с текущими координатами, его (рельефа) дифференциальных и фрактальных характеристик, а так же площади фрактальной поверхности водосбора.

## *II Детальность необходимая для крупномасштабного прогнозирования (масштаб отчетных материалов 1:50000-1:25000).*

Отказ от традиционной модели гладкой аппроксимации рельефа в пользу фрактальной, как наиболее обоснованной, позволяет при создании ЦМР изучаемой территории использовать результаты стереоскопической оптической и интерферометрической радиолокационной космических съемок — глобальные цифровые модели высот (ГЦМВ) с достаточным для целей исследования разрешением (до 1"~30 м. в плане) без предварительной генерализации или сглаживания.

Из фрактальной модели рельефа, для его аппроксимации естественным образом

следует применение аппарата двумерного дискретного преобразования Фурье, соответственно вычисление производных дробного порядка осуществляется в смысле Вейля, а дифференциальные трансформации вычисляемой оценки дивергенции производятся в частотной области с последующим Фурье преобразованием, что вместе с предварительным подавлением помех (ошибок в исходной ГЦМВ) с помощью локально-адаптивной фильтрации обеспечивает требуемую детальность прогноза.

### *III. Высокая степень автоматизации, минимизация влияния субъективных факторов.*

Вычисляемая оценка дивергенции потока полезного компонента обладает простым физическим смыслом — характеризует малую окрестность рассматриваемой точки на наличие источников или стоков (участков аккумуляции), области перспективные на наличие россыпных объектов выделяются по значениям оценок как самой дивергенции, так и ее дифференциальных характеристик.

При определении параметров модели (дробных степеней производных и иных) используется критериальный подход.

Оценивание производится в соответствии с максимальным значением критерия качества бинарной классификации в условиях сильной несбалансированности классов.

### *IV Поддержка принятия управленческих решений по проведению поисковых (заверочных) геологоразведочных работ с целью оценки прогнозных ресурсов.*

Обеспечивается прозрачностью результата прогноза, представляющего собой оценку вероятности наличия россыпного объекта в пределах участка исследуемой территории соответствующего элементу ЦМР, при условии реализации переноса полезного компонента.

## **Проблемы, решаемые проектом**

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых относятся к высокорисковой области хозяйственной деятельности, в особенности это относится к ранним стадиям геологоразведочных работ (ГРР). Достаточно указать приблизительный интервал, определяющий число спонтанно начатых проектов, доведенных до стадии добычи полезных ископаемых (от 1 из 10 000 до 1 из 100 000).

С целью снижения геологических рисков проводятся предпроектные работы, задачей которых является выбор площадей для проведения поисковых геологоразведочных работ, выбор осуществляется на основании прогнозных оценок их (площадей) перспективности на наличие полезных ископаемых.

Тем не менее, по данным В. П. Орлова (Геологическое прогнозирование - М Недра 1991) подтверждаемость геологических прогнозов во многих случаях не превышает 3-10%, так, для месторождений цветных металлов лишь 4% прогнозных ресурсов категории P3 (ГКЗ) ~ exploration target (Кодекс JORC) доходят до категории запасов C2 (ГКЗ) ~ Inferred Mineral (Кодекс JORC).

В то же время эта доля составляет, для железных руд -35%, для нефти около 50%. Необходимо отметить, что 4%-ая подтверждаемость геологического прогноза по цветным металлам в значительной степени дискредитирует как саму идею геологического прогноза, так и используемый в построении прогноза аппарат.

***Настоящий проект преследует целью увеличить подтверждаемость прогноза для россыпных объектов до 25-30%***

## **Бизнес-модель**

### ***Инфраструктура***

### ***Процессы, создающие ценность***

Ценность создается в результате создания и обработки цифровых моделей рельефа, иных геолого-геофизических данных, интерпретации полученных результатов.

Представляет собой крупномасштабный прогноз россыпенности с масштабом отчетных материалов 1:50000-1:25000, дающий возможность в дальнейшем получить количественные оценки прогнозных ресурсов категории P3, P2 (ГКЗ) или

предполагаемых минеральных ресурсов в соответствии с кодексом JORC.

### *Ресурсы, обеспечивающие создание ценности.*

- Прогностическое программное обеспечение созданное/создаваемое в процессе реализации проекта.
- Вычислительные мощности — предполагается использование нескольких вычислительных установок класса супер-мини компьютер на базе серверных решений NVIDIA (технология CUDA с использованием графических ускорителей Tesla P100) с пиковой вычислительной мощностью не менее 16 Терафлопс.
- Системное программное обеспечение - Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition x64 с поддержкой до 2 ТБ ОЗУ.
- Прикладное программное обеспечение — компиляторы modula2, C, C++, Lua генерирующие 64 разрядный исполнимый код. C и Fortran компиляторы PGI CUDA.
- Системы управления базами данных — предполагается использование достаточно низкоуровневых менеджеров баз данных, поддерживающих механизм доступа ключ-значение, например UNQLite.
- Геолого-геофизические данные, глобальные цифровые модели рельефа.

### *Клиенты*

В качестве потребителей результатов прогноза россыпенности выступают недропользователи и юниорные компании.

### *Объем и емкость рынка продукта*

Продукт, предлагаемый рынку, являет собой прогноз россыпенности территории определяемой заказчиком, представленный в виде карт прогноза на твердом или электронном носителе в системе координат и картографической проекции указанной заказчиком.

Область прогноза - вся поверхность суши непокрытая ледниками, так как, на сегодняшний день, достигнуто 100% покрытие земной поверхности высокоточными глобальными цифровыми моделями рельефа (WorldDEM и ALOS World 3D Topographic Data).

Таким образом, емкость мирового рынка определяется количеством геологических (включая юниорные) и горно-геологических компаний занятых поиском россыпных месторождений или планирующих такие работы. По минимальным оценкам количество таких компаний составляет несколько сотен (500), что при цене 10-50\$ км<sup>2</sup> прогноза россыпенности и минимальном объеме заказа 1000 км<sup>2</sup> в год составляет 5-25 млн USD в год.

Пессимистическая оценка объема рынка соответственно 0.5 — 2.5 млн USD в год.

### **Текущее состояние проекта и планы развития**

В настоящее время заявка на изобретение 2017129479/28(051186) «Способ прогноза россыпных месторождений» прошла формальную экспертизу, в течении ближайших 2х лет планируется получение патента на изобретение

В краткосрочной перспективе (в течении полутора лет) планируется создание интегрированной программной системы, получение пилотных прогнозов, по завершению двухлетнего периода ожидаются продажи (при пессимистичной оценке емкости рынка и оптовой цене в 10USD/km<sup>2</sup>) объемом в первые миллионы USD в год.

**В средне-долгосрочной перспективе (в течении 5 лет) предполагается выход на рынок в качестве юниорной геологоразведочной компании, в течении 8 лет приобретение статуса добывающей горно-геологической компании.**