

К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В СТАРЫХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ

(подход к проблеме с позиций теории надежности геолого-поисковых систем)

Республика Татарстан является одним из немногочисленных субъектов РФ, чей вклад в баланс добычи УВ в России является весьма весомым и экономика которой в существенной мере исторически определяется нефтедобычей. Здесь сформирована эффективная региональная структура предприятий по добыче и транспортировке нефти, наработана уникальная база геологических данных и знаний по региону применительно к прогнозу и добыче УВ, и здесь создана научная и производственная школа геологов-нефтяников и добытчиков. В настоящее время в регионе ведется интенсивный поиск новой исследовательской парадигмы, которая в дополнение к традиционной схеме локализации месторождений УВ, смогла бы обеспечить ресурсный потенциал территории на достаточно дальнесрочный период (5, 14, 15, 32-37).

Опыт работ в **районах действующих добывающих предприятий** показывает (43), что выявление новых, прогнозных ресурсов и запасов возможно только в результате системного анализа качества и надежности всех основных теоретических, методических и технических решений использованных ранее для уже проведенных геолого-поисковых работ и специального анализа всей фактографической базы данных, полученной при этих исследованиях (38). Для решения подобного типа задач специально разработана (44) **теория надежности геолого-поисковых систем** (далее ТНГС).

При проведении исследований полноты опознания территорий с позиций ТНГС специально всестороннему ревизионному анализу с применением количественных, приближенно-количественных и качественных оценок подвергаются данные об:

- использованных моделях поисковых объектов, формах их отражения в различных геолого-геофизических и минералого-геохимических полях;
- особенностях экранирования сигнала от поисковых объектов компонентами вмещающей ландшафтно-геологической среды на различных площадях и участках;
- геологической изученности территорий, видах, масштабах, точностях, модификациях реализованных систем наблюдений и измерений по площадям и разрезам;
- технологии проведенных интерпретационных работ, прогнозирования перспективных участков и аномалий, а также заверки прогнозных рекомендаций.

Обычно (41) такой анализ качества и надежности проведенных работ, выполненный для районов действующих добывающих предприятий позволяет не только пространственно обозначить и оценить для них не установленные ранее ресурсы, но и наметить новые элементы поисковых технологий для наращивания ресурсной базы территорий.

1. Теория надежности геолого-поисковых систем – как теория ошибок или отказов при геологических поисках.

Теория надежности геолого-поисковых систем является новым научным направлением в учении о поисках месторождений полезных ископаемых, которое в качестве объекта исследований впервые выбрало ошибки или отказы, возникающие при проведении геолого-поисковых работ (44). В ней под **ОТКАЗОМ** геолого-поисковой системы или ее элемента понимается любое действительное (т.е. установленное) или возможное (т. е. вероятное) событие, которое приводит, привело или может привести, в конечном счете, к пропуску на площади работ хотя бы одного экономически ценного поискового объекта. Под **КАЧЕСТВОМ** геолого-поисковой системы или ее элементов понимается их способность к непропуску поисковых объектов, а под их **НАДЕЖНОСТЬЮ** - способность со-

хранять качество на заданный объем работы, или, способность к непропуску поисковых объектов в пределах исследуемой территории на заданную глубину исследований.

ОБЪЕКТ ПОИСКОВЫХ РАБОТ в ТНГС, это естественное, геологическое, локально обособленное, генетически единое образование, имеющее конкретное экономическое значение, которое:

- соответствует определенному масштабу изменчивости распределения полезного ископаемого в земной коре и концентрирует в себе в этом масштабе все или основные его запасы;
- сформировалось в процессе закономерного развития территории (поисковые предпосылки) и отразилось в компонентах вмещающей ландшафтно-геологической среды (поисковые признаки);
- выделяется в соответствии с масштабом на определенной стадии или подстадии геолого-поисковых работ.

Тогда кроме конечных объектов поисковых работ (месторождений полезных ископаемых) здесь выделяются промежуточные и частные объекты поисков. Под **промежуточными объектами поисков** понимаются разномасштабные иерархические геологические структуры, ансамбли, перспективные для локализации нескольких конечных поисковых объектов – бассейн, поле, узел и др., а под **частными объектами** - специфические особенности геологического строения территории, определяющие локализацию (поисковые предпосылки – стратиграфические, литологические и др.), либо отражающие сам факт локализации (поисковые признаки) конечных и промежуточных поисковых объектов.

В конечном счете, любая геолого-поисковая система на основе природной иерархии поисковых объектов разделяется на элементарные составляющие: «ОБЪЕКТ – МЕТОД» (Рис.1.), для каждой из которых проводится исследование качества и надежности. Это исследование построено на выделении и анализе для пар «объект – метод» отказов в пяти независимых модулях (от англ. module – блок, элемент конструкции). Это отказы в:

- вещественно-индикационном модуле (А) - при ошибках в определении модели поискового объекта;
- ландшафтно-геологическом модуле (В) - при негативном (экранирующем) влиянии на возможность выделения аномалии от объекта компонентов вмещающей ландшафтно-геологической среды;
- технико-метрологическом модуле (С) при - недостаточной плотности и точности полевых наблюдений и лабораторных исследованиях;
- геолого-интерпретационном модуле (D) - при неполной или ошибочной интерпретации полевых данных;
- заверочном модуле (F) – при ошибках в процессе заверки выделенных перспективных объектов работами следующей стадии или подстадии ГРР.

Далее выделенные отказы классифицируются по вероятной частоте встречаемости и влиянию на эффективность поисков. Для наиболее значимых из них подбираются методики количественной оценки вероятностей, факторов, определяющих пространственную изменчивость этих вероятностей. Строятся специальные карты: вероятных параметров минимально-значимых частных поисковых объектов; ландшафтно-геологических условий поисков; фактической геолого-геофизической изученности и применения различных ин-

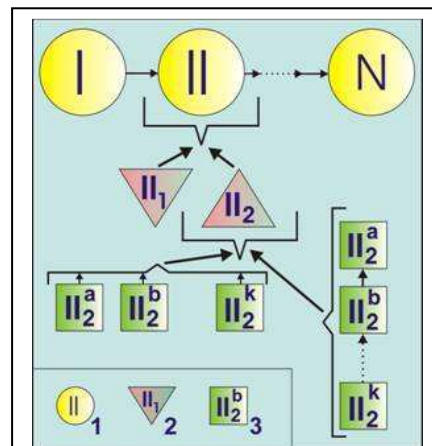


Рисунок 1. Структура геолого-поисковой системы.

1 – отдельные стадии или подстадии ГРР, ориентированные на выявление промежуточных поисковых объектов; 2 – элементы стадий или подстадий, ориентированные на выделение отдельных прогнозных или других необходимых факторов 3 – отдельные поисковые или вспомогательные методы, ориентированные на выделение частных объектов поисков

терпретационных технологий; полноты заверки прогнозных рекомендаций. На основе оценки параметров качества и надежности для отдельных пар «объект-метод» строятся сводные карты для каждой из стадий ГРП.

Проведенное выделение отказов предполагает далее разработку таких мероприятий, технологических схем и отдельных приемов, которые либо позволят полностью исключить возможность соответствующих отказов, либо, по крайней мере, в значительной степени минимизировать вероятность их проявления. Система таких мероприятий, очевидно, должна существенно увеличить надежность и геологическую эффективность поисков. С позиций теории надежности систем (19) все методические приемы, мероприятия и технологические схемы выполнения работ, включая и комплексирование методов, направленные, в конечном счете, на повышение надежности систем и их элементов можно объединить в одну группу операций - **РЕЗЕРВИРОВАНИЕ МАЛОНАДЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**. В нашем случае важно, что отнесение вероятных отказов в геолого-поисковых технологиях к конкретным, перечисленным выше модулям, позволяет не только вскрыть причину отказа, но и наметить для него эффективные технологии резервирования (44).

Теоретический и методический аппарат теории надежности систем, адаптированный к практике геологических поисков месторождений полезных ископаемых, позволяет проводить системное исследование качества и надежности любых геолого-поисковых технологий, выявлять для них наиболее «слабые места» и разрабатывать геологические и технические решения, минимизирующие вероятность отказов, т.е. вероятность пропуска промышленно-ценных поисковых объектов. Такой подход, обеспечивающий всесторонность анализа приемлем для восстановления и расширения сырьевой базы районов (регионов) действующих добывающих предприятий.

В основу предлагаемого подхода положен помодульное и анализ вероятных отказов при ранее проведенных поисках с разработкой направлений минимизации их влияния на новом этапе исследований.

2. Направления выявления новых ресурсов в старых нефтедобывающих регионах – анализ надежности и резервирование поисковых технологий в отдельных модулях.

А. Уточнение списка и моделей объектов поисков - резервирование технологий в вещественно-индикационном модуле -

Любой конечный объект поисковых работ на углеводороды (УВ) может быть представлен, как совмещенная в пространстве совокупность частных поисковых объектов, один из которых представляет собой коллектор, второй – экран, а морфологические особенности этого совмещения дают возможность формирования замкнутого резервуара. Тогда к отказам этого модуля могут быть отнесены ситуации, связанные с пропуском таких объектов:

- либо небольших по размерам залегающих в типовых геологических обстановках;
- либо различных размеров, но с нетипичными условиями локализации.

Кратко оценим возможную частоту встречаемости отказов, т.е. пропусков экономически ценных скоплений УВ из-за их небольших размеров или нетипичных условий локализации, а также возможную роль подобных месторождений в сырьевом балансе территории.

А.1. Небольшие месторождения в типовых геологических обстановках.

Традиционно, при проведении поисковых работ на любые полезные ископаемые в новых районах параметры поисковых систем оказываются «настроенными» на обнаружение крупных, а затем уже средних месторождений. Небольшие по размерам месторожде-

ния, как правило, обнаруживаются случайно, а соответственно и далеко не все. Проиллюстрируем это на примере.

Обычно весьма крупные месторождения на в пределах конкретных регионах встречаются весьма редко, средние – чаще, а мелкие еще чаще, т.е. частота встречаемости месторождений, различных по размеру в генеральной совокупности месторождений региона (провинции) может быть описана распределением, похожим на экспоненциальное (Рис. 2.А. – красная линия). Предположим, что поиски месторождений в регионе осуществлялись с использованием поисковой сети, ориентированной на обнаружение весьма крупного месторождения (10 усл. ед.). На Рис. 2.А. вероятность обнаружения объектов меньших по размерам иллюстрирует график с индексом «10» - функция усечения генеральной совокупности (или т.н. «геологоразведочный фильтр»). Аналогичным образом графики с индексами: «8», «6», «5» - «1» характеризуют вероятности обнаружения объектов различных размеров при поисковых сетях ориентированных на гарантированное подсечение объектов размером 8, 6, 5-1 усл. ед., соответственно.

Как видно из приведенных графиков, при ориентации поисковых сетей на относительно крупные объекты, месторождения относительно мелкие частично пропускаются, но и частично отсекаются поисковыми сетями. Следовательно, в большинстве реальных ситуаций выборка из обнаруженных месторождений по региону не является случайной,

т.е. не позволяет оценивать генеральную совокупность в отношении небольших месторождений.

Рис. 2.Б. иллюстрирует соотношение объектов различных размеров в генеральной совокупности, неслучайной выборке и в остаточной (необнаруженной) совокупности поисковых объектов при различной плотности сети (голубой индекс в круге). Как следует из этого примера – неслучайная выборка практически всегда распределена по закону близкому к логнормальному, а остаточная совокупность описывается кривой экспоненциального вида.

Из приведенных рассуждений следует, что истинная доля ресурсов, сосредоточенных в средних и особенно мелких месторождениях, как правило, не может быть оценена без учета геологоразведочного фильтра, т.е. без оценки надежности проведенных ранее геолого-поисковых работ (45).

В известной монографии А.Е. Конторовича (9) показано, что *частота встречаемости месторождений UV различных масштабов в пределах крупных регионов аппроксимируется распределением Парето, при котором суммарные запасы в мелких объектах даже превосходят общие запасы в месторождениях крупных.*

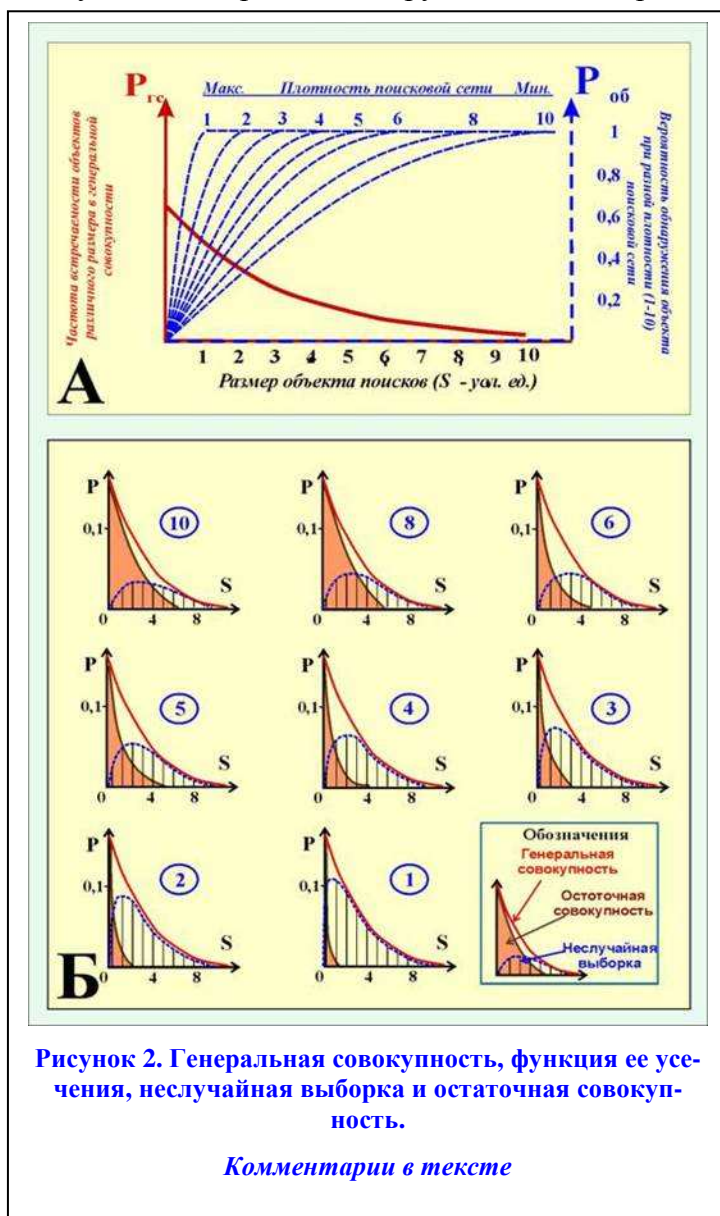


Рисунок 2. Генеральная совокупность, функция ее усечения, неслучайная выборка и остаточная совокупность.

Комментарии в тексте

Обозначенная постановка проблемы об особой роли небольших месторождений следует не только из общих рассуждений приведенных выше. Она основывается на публикациях геологов Республики Татарстан, специалистов из других работающих в регионе предприятий. Особенная роль **МЕЛКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ** для регионов действующих добывающих предприятий в Татарстане обобщена в работе «**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ МЕЛКИХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**» (36). Отмечается, что в РТ: «*Особое внимание уделяется сегодня освоению мелких месторождений . Здесь проблема эффективного использования остаточных запасов нефти получила статус государственной*». Проанализирована проблема мелких месторождений по величине чистого дохода на 1 т нефти или на 1 руб. вложенных инвестором средств, выделены месторождения с максимальными значениями этих параметров и показано, что, как правило, это небольшие месторождения. Отмечается, что «*...разработка мелких месторождений часто оказывается экономически эффективнее разработки крупных и средних месторождений или месторождений со значительными остаточными запасами, но находящимися в поздней стадии разработки*».

Следует обратить внимание на то, что мелкие месторождения обнаруживаются далеко не все и достаточно случайно, весьма существенная их часть обычно пропускается при поисках. Отмеченное обстоятельство явно указывает, что **на сегодняшнем этапе одним из объектов поисковых работ, а также объектом реинтерпретации ранее наработанных данных, являются МЕЛКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЗАЛЕГАЮЩИЕ В ТИПОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ.**

Используя понятие «мелкое месторождение» представляется важным определить для него количественные характеристики, т.н. «браковочные кондиции», ниже которых месторождение становится нерентабельным. Однако, такого единого критерия для достаточно большой территории обычно получить не удастся. Параметры минимально-промышленного поискового объекта оказываются тесно связанными с затратной частью проекта по отработке месторождений. А эти параметры зависят (особенно для небольших месторождений) от глубины залегания залежей УВ, от развитости общей и специальной инфраструктуры территории и др. В этом случае первым шагом в использовании надежного подхода к оценке территории в отношении отказов первого модуля, является **ПОСТРОЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КАРТЫ РЕГИОНА**, на которой с учетом всех входящих параметров проводится ее районирование **ПО РАЗМЕРАМ МИНИМАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОНЕЧНОГО ПОИСКОВОГО ОБЪЕКТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ЕГО ЗАЛЕГАНИЯ.**

А.2. Месторождения различных размеров с нетипичными условиями локализации.

Следующей группой дополнительных объектов геолого-поисковых работ могут являться месторождения, литолого-стратиграфическая позиция и морфологический тип локализации которых не совпадает с основной рабочей гипотезой о доминирующей роли антиклинальных ловушек в локализации нефтяных залежей. Такие объекты могут залежать:

- В карбонатной вернедевонско-каменноугольной части разреза - зоны повышенной трещиноватости, катагенза, рифы, клиноформы (2, 7, 11, 25, 27, 29, и др.);
- В терригенных нижнекаменноугольных отложениях - рукавообразные - шнурковые залежи нефти в связи с палеоврезами в пределах Мелекесской впадины и Южно-Татарского свода (3, 10 16, 17, 18, и др.);
- В осадочных рифейских комплексах рифтогенных структур и вмещаемых ими магматических образований - различные типы резервуаров в осадочной части разреза Казанско-Кировского прогиба и борта Верхне-Камской впадины (6, 8, 20, 21, 26 и др.) и резервуары в связи с межпластовыми и секущими комплексами трапповой формации (39 и др.);
- В кристаллическом фундаменте древней платформы - в структурах различного типа - (13, 20,21, 23, 24, 26, 30, 31,42 и др.).

В связи с развиваемыми представлениями о полигенности углеводородов (4, 12, 13, 26, и др.) важную роль приобретают выводы об их проникновении в верхнюю часть фундамента и в осадочный чехол из значительных глубин через проницаемые структуры кристаллического основания древней платформы. В этом случае кардинально меняются требования к поисковым предпосылкам, связывающим залежи нефти и газа с нефтегенерирующими геологическими образованиями. А это, в свою очередь, снимает ограничения на критические значения глубин для осадочных бассейнов, а также требует более детального анализа доступных данных о геологическом строении архейско-нижнепротерозойского цоколя.

Приведенный список «новых», вероятных поисковых объектов вряд ли является полным, его доработка до «рабочего перечня» представляет собой одну из главных задач при оценке ресурсов территории. При этом ясно, что для отдельных частей разреза осадочного чехла, определенных комплексов пород фундамента и тектонических структур перечень не типичных вероятных объектов будет существенно различаться. Тогда для резервирования отказов в вещественно-индикационном модуле поисковых технологий **необходимо построить КОМПЛЕКТ КАРТ ВЕРОЯТНЫХ НЕТИПИЧНЫХ ПОИСКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ** для каждого структурного этажа и отдельных структурных ярусов на основе имеющихся знаний об их геологическом строении и возможностях локализации залежей УВ в конкретных обстановках с оценкой для них минимально-промышленных размеров.

В. Объемное (3D) районирование территории по природным условиям поисков – предпосылки совершенствования технологий в ландшафтно-геологическом модуле

К отказам этого модуля, относятся ситуации, при которых пропуск поискового объекта обусловлен неблагоприятными для его поисков условиями вмещающей ландшафтно-геологической среды. Резервирование поисковых технологий в таких случаях обычно проводится либо путем специальных видов обработки полевых наблюдений, либо путем существенной детализации полевых данных или изменением модификации основного метода, либо путем включения в комплекс других методов, более устойчивых к природной «помехе».

Современный «арсенал» технологий, ориентированных на выделение залежей углеводородов, включает в себя достаточно большой список геолого-геофизических и минералогическо-геохимических методов. Однако, главным из них, позволяющим получить необходимые детальные данные о глубинном строении территории является сейсморазведка. Благодаря картированию отражающих горизонтов в образованиях чехла и фундамента платформ удается зафиксировать, оконтурить, и интерпретировать опреде-

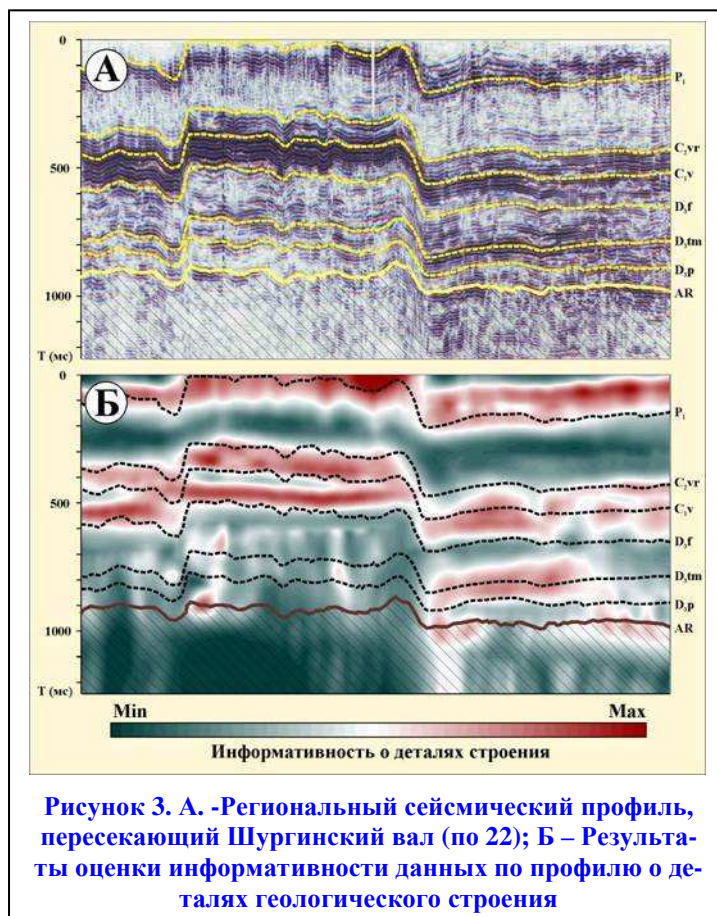


Рисунок 3. А - Региональный сейсмический профиль, пересекающий Шургинский вал (по 22); Б – Результаты оценки информативности данных по профилю о деталях геологического строения

ленные вещественно-структурные элементы разреза, которые могут рассматриваться в качестве потенциальных ловушек углеводородов. Материалы, полученные другими методами включая бурение, дают информацию преимущественно для интерпретации сейсморазведочных данных.

На рис.3.А. приведен пример регионального сейсмического профиля (временной разрез) по одной из территорий Восточно-Европейской платформы с результатами интерпретации в виде границ между литолого-стратиграфическими комплексами по (22). На рис. 3.Б. приведены результаты оценок дифференциации того же разреза по контрастности волновых параметров – косвенная оценка информативности проведенных исследований о деталях строения разреза. Из сопоставления рисунков легко видеть, что рассматриваемый разрез весьма неоднороден. Здесь относительно более детально прорисованы терригенные самой верхней части девона и низов карбона, пограничных горизонтов между верхней и нижней пермью. Напротив, существенно менее контрастно в сейсмическом разрезе отображены детали строения карбонатных частей девонского и каменноугольного комплексов, кристаллического основания. Помимо вертикальных неоднородностей здесь видна и латеральная изменчивость некоторых комплексов по детальности дифференциации данных – базальные горизонты осадочного чехла восточной половины профиля прорисованы на нем существенно более детально, по сравнению с западной половиной.

При одинаковом качестве полевых наблюдений по всему показанному профилю, описанные выше горизонтальные и вертикальные неоднородности могут быть обусловлены соответствующей изменчивостью самой геологической среды, изменчивостью литологии внутри отдельных стратиграфических горизонтов, отражающих параметров границ между ними, наложенностью тектонической трещиноватости в связи с вертикальными нарушениями и пр. В любом из перечисленных случаев мы сталкиваемся с неодинаковой способностью сейсморазведочного метода в различных геологических средах к выделению и оконтуриванию потенциальных ловушек на углеводороды *в связи с вертикальной и латеральной неоднородностью распределения отражающих свойств в самом геологическом разрезе*. Тогда, выделение и исследование отказов в ландшафтно-геологическом модуле геолого-поисковых систем на УВ в рассмотренном случае сводится к районированию территории по информативности сейсморазведочного метода в разрезе и в плане по отдельным нефтеносным и потенциально нефтеносным фрагментам разреза применительно к задаче картирования локальных перспективных структур.

Результатом такого районирования, которое может быть проведено в рамках программы оценки территории по надежности опосредования, должна явиться **3-х мерная МОДЕЛЬ ЛАНДШАФТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫМ МЕТОДОМ**. По материалам предшествующих исследований можно установить: наличие или отсутствие в верхней части разреза сильно отражающих и преломляющих границ, влияющих на степень ослабления проходящей волны и мешающих кратных волн; наличие четких сейсмических границ, совпадение сейсмических границ со стратиграфическими; выдержанность сейсмических границ по площади.

Варианты **резервирования малонадежных элементов** поисковых методов в их ландшафтно-геологическом модуле обычно основываются на специфике проявления самих отказов (44). Эти варианты в той или иной мере используются в современной практике поисков месторождений УВ. Однако использование для выбора оптимальных решений 3D модели районирования по ландшафтно-геологическим условиям поисков позволит оптимизировать и индивидуализировать приемы резервирования для каждой обстановки, т.е. осуществить дифференциальную настройку режимов получения и обработки данных для различных частей разреза в зависимости от параметров, определенных для них минимально-промышленных поисковых объектов.

С. Оптимизация систем поисковых наблюдений в зависимости от параметров ожидаемых поисковых объектов и особенностей вмещающей их среды – резервирование в технико-метрологическом модуле

Территории нефтедобывающих регионов обычно изучены сейсморазведочным методом весьма неравномерно. Сложившаяся на сегодня изученность площадей складывается как правило из нескольких этапов, в течение которых менялись геофизическая аппаратура, методы съемок, соответственно и точность и разрешающая способность исследований. Существующая конфигурация поисковых сетей совершенно не гарантирует подсечение всех небольших месторождений.

При исследовании **качества и надежности технико-метрологического модуля** геолого-поисковых систем принято разделять вероятность подсечения объекта в пространстве конкретной пространственно-ориентированной системой измерений и вероятность отображения этого объекта при фактически реализованной точности наблюдений в рамках этой системы.

Для оценки **ВЕРОЯТНОСТИ ПОДСЕЧЕНИЯ** поискового объекта дискретными,

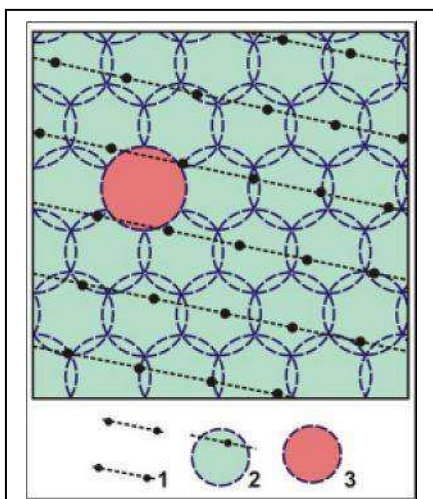


Рисунок 4. Единичный отказ для дискретной поисковой сети на объекты округлой формы

1 – линии профилей и точки буровых скважин; 2 – возможное положение объекта подсекаемого сетью; 3 – возможное положение объекта, не подсекаемого сетью.

линейными, площадными и объемными системами поисковых наблюдений обычно используются средние вероятностные характеристики качества – вероятности подсечения объекта с заданными размерами и морфологическими особенностями - p_n . Для оценки надежности системы поисковых наблюдений, т.е. в этом случае вероятности подсечения всех поисковых объектов на площади S используется (44) параметр $P(S)$, который вычисляется из выражения:

$$P(S) = p_n^{T_{\max}},$$

где T_{\max} – максимально возможное количество отказов или максимальное количество поисковых объектов, которое может уместиться на площади работ при их плотнейшей упаковке.

Рис.4. иллюстрирует различие между приведенными вероятностными параметрами. Здесь характеристика p_n достаточно высока, ее значение - **0,97** и вроде бы она должна практически гарантировать не пропуск поисковых объектов, параметр $T_{\max} = 31$, т.е. на участке может быть размещено при плотнейшей упаковке 31 объект. Значение же $P(S)$ оказывается равным **0,36**, т.е.

достаточно небольшим, и на рисунке видно, что положение минимум одного объекта, который остается не подсеченным принятой плотностью поисковой сети.

Приведенные данные указывают на необходимость использования поисковых сетей только с гарантированной вероятностью подсечения всех минимально-промышленных поисковых объектов в заданных диапазонах стратиграфического разреза при конкретных ландшафтно-геологических обстановках. Разработаны алгоритмы расчета гарантированных поисковых систем применительно к объектам самой сложной конфигурации (44). Имеется возможность реализации этих алгоритмов в модификации 3D сейсморазведки. Однако, фактическая изученность региона показывает, что многие и многие потенциально перспективные участки характеризуются пока недостаточной плотностью поисковых сетей.

Более сложной и неоднозначной для сейсморазведки оказывается оценка **ВЕРОЯТНОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПОИСКОВ** при фактически реализованной точности наблюдений по отдельным профилям или в исследуемом объеме.

На рисунке 5 приведены результаты обработки данных по региональному сейсмическому профилю (см. выше - Рис. 3.А.) ориентированной на выделение градиентных фрагментов, образующих резкие вертикальные скачкообразные срывы в однородности сейсмической записи. Здесь вертикальными линейными аномалиями отображены участки разреза, скачки в пределах которых, обусловлены либо природными геологическими причинами, либо причинами, обусловленными качеством проведения съемки. Из анализа этих рисунков можно достаточно уверенно утверждать, что проведенные авторами (22) на разрезе границы между отдельными стратиграфическими подразделениями могут быть приняты с позиций анализа точности наблюдений, только в своей низкочастотной и реже в среднечастотной частях. Высокочастотные же детали строения отражающих горизонтов оказываются малопредставительными здесь, именно с учетом качества и разрешающей способности проведенной съемки.

Известно (44), что дифференциация любого измеренного поля относительно его среднего уровня (S_n) определяется в самом простом случае следующим соотношением:

$$S_n^2 = S_a^2 + S_r^2,$$

где, S_a оценка точности (качества) выполненной съемки, а S_r - оценка природной геологической неоднородности измеренного поля, т.е. собственно мера полученной при съемке геологической информации. Эта информация аналогичным образом также подразделяется на полезную, т.е. несущую полезные сведения о поисковом объекте, и «природный геологический шум», мешающий выделить полезную информацию на фоне реально существующих геологических «помех». Эти соотношения входящих дисперсий измеренного поля постулирует положение о том, что контрастность выделяемого полезного сигнала должна существенно превышать точность проведенных измерений.

По Г.Н. Боганику, И.И. Гурвичу (1) при оценке качества сейсморазведочных работ применительно к решению конкретных геологических задач принято использовать такие характеристики, как точность и разрешающая способность. Однако под **ТОЧНОСТЬЮ** метода ими понимается не точность проведенных полевых измерений, а уже точность построения сейсмических разрезов, т.е. в значительной мере объединенная оценка качества измерения и интерпретации. По данным этих исследователей теоретически: «при отсут-

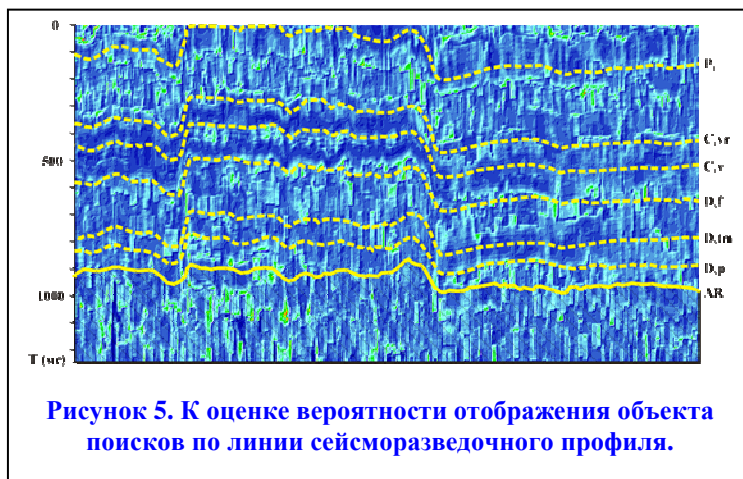


Рисунок 5. К оценке вероятности отображения объекта поисков по линии сейсморазведочного профиля.

ствии грубых ошибок корреляции опорной волны средняя погрешность определения ее времени не превосходит нескольких миллисекунд, что в относительной мере обычно составляет доли процента. Вместе с тем относительные ошибки используемых скоростей часто составляют несколько процентов, а иногда существенно больше». Они же отмечают: «Практика показывает, что при современном технико-методическом уровне регистра-

ции и обработки сейсморазведочных данных МОВ относительная погрешность резуль- тативных построений может не превышать 0,5-1,0%.»

Рассматривая с этих позиций данные, представленные на рисунках 3 и 5 можно видеть, что возможные значения параметров точности здесь существенно хуже теоретических. Отмеченное обстоятельство свидетельствует о необходимости **ПРОВЕДЕНИЯ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ И ПРИМЕНИ-**

ТЕЛЬНО К РАЗЛИЧНЫМ ЧАСТЯМ РАЗРЕЗА СПЕЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПО РЕАЛЬНЫМ ФАКТИЧЕСКИМ ОЦЕНКАМ ТОЧНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ. Упомянутые авторы (1) рекомендуют для этого случая проводить построение **карты доверительной вероятности определения глубин сейсмического горизонта**, которая должна сопровождать его структурную карту.

При проведении поисковых работ на достаточно крупные по размерам месторождения, при проведении исследований на типовые по геологической позиции и формы объектов, обозначенное выше несоответствие между качеством съемки и выделяемыми локальными аномалиями может не иметь существенного значения, т.к. настройка измерительных систем была ориентирована именно на «классические» ситуации. Другое дело, если объектами исследований становятся месторождения остаточной совокупности, т.е. небольшие по размерам и не типичные по мофологии.

По-видимому, аналогичным образом следует подходить к исследованию **РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТОДА**, характеризующей детальность изображения геологической среды, которая по теоретическим оценкам на основе параметров зоны Фринеля (1) в зависимости от технологии и детальности выполненных ранее работ может меняться по вертикали от нескольких десятков до 8-10 м, а по горизонтали от 1.0 до 0,2 км. Отметим, что и эти значения уже оказываются близкими к параметрам небольших месторождений.

Резервирование малонадежных элементов в технико-метрологическом модуле поисковых технологий начинается, прежде всего, с исследования полного списка отказов, которые могли бы иметь место при проведении полевых работ или первичной обработке данных. Отказы, для которых вероятности проявления оцениваются как вполне достоверные, подразделяются на две группы. Для первой из них оказывается, что плотность поисковой сети и (или) детальность наблюдений по профилю не удовлетворяет требованиям гарантированного не пропуска минимально-промышленного поискового объекта определенного типа в перспективной части разреза. Резервирование малонадежных элементов этой группы может быть осуществлено только путем проведения новых полевых сейсморазведочных работ, которые по своим технико-метрологическим параметрам гарантировали бы не пропуск объекта. Для второй группы отказов может получиться, что исходные полевые данные вполне достаточны для фиксирования объекта заданных параметров, но для выделения такого рода аномалий необходима переобработка данных с позиций современных технологических возможностей и дополнительной априорной информации.

Д. Целевые метрологически достоверные альтернативные интерпретационные технологии – резервирование поисковых работ в геолого-интерпретационном модуле.

Предварительный анализ имеющихся данных о технологиях проведения интерпретационных работ при поисковых работах на УВ позволяет на сегодня выделять две основные группы вероятных отказов, связанных с четвертым модулем поисковых технологий. Это отказы:

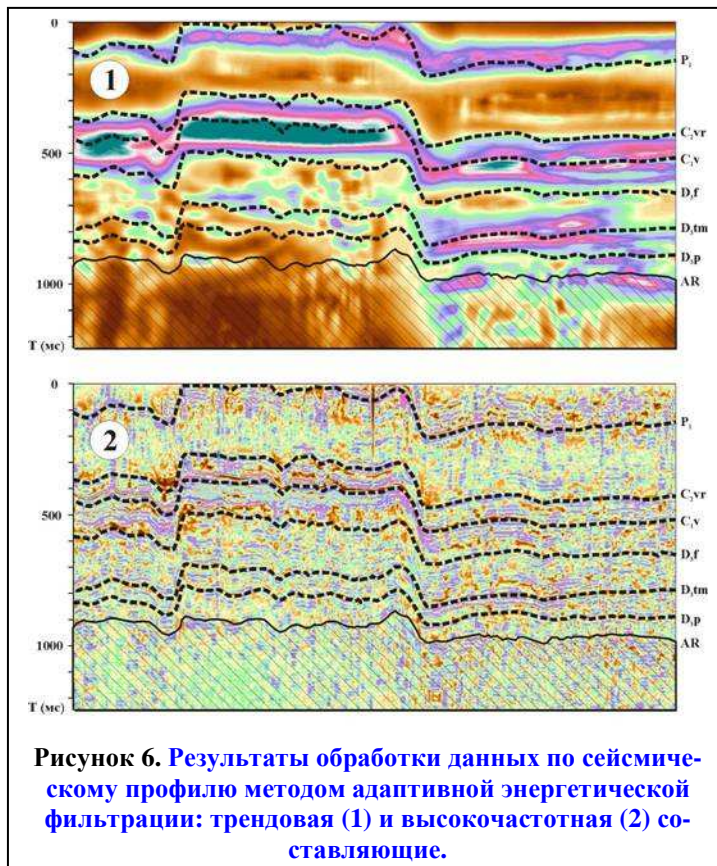
- связанные с ориентацией вычислительных и интерпретационных процедур на выделение типичных объектов в заданном литолого-стратиграфическом диапазоне разреза и с использованием «классических» моделей объектов поисков;
- связанные с неправомерной абсолютизацией цифровых значений параметров исследуемых полей без учета реальной точности и разрешающей способности конкретных методов.

Для резервирования интерпретационных работ в отношении отказов первой группы могут быть использованы **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ** данных. Здесь подразумевается, что на каждый тип поискового объекта из остаточной совокупности и применительно к различным ландшафтно-геологическим обстановкам должен быть разработан особый **технологический регла-**

мент всех вычислительных и интерпретационных процедур. Опыт работ с интерпретацией различных исходных данных для решения весьма широкого круга геологических задач показывает, что каждый нюанс такого регламента может иметь решающее значение для обнаружения или пропуска поискового объекта. При этом в тех звеньях алгоритма обработки, интерпретации и прогнозирования, в которых однозначное решение каких-либо задач недостаточно надежно, целесообразно использование нескольких его вариантов, составляющих в целом практически полную систему возможных событий.

Другим отказом, исключительно важным для практики поисков в интерпретационных технологиях является **неправомерная абсолютизация цифровых значений характеристик измеренных полей или посчитанных для них каких-то производных при интерпретации без учета реальной точности и разрешающей способности конкретных методов.**

Проиллюстрируем последнее на примере. На приведенном выше рисунке 3 интерпретаторами показаны субгоризонтальные границы между отдельными геологическими комплексами. Между этими границами в отдельных фрагментах разреза, относимой к осадочному чехлу, хорошо визуально просматриваются более детальные литологические маркеры, соответствующие, на первый взгляд, отдельным литологическим горизонтам с



В результате анализа трендовой компоненты в строении чехла выделяются карбонатные и терригенные комплексы, видны элементы горизонтальной расслоенности, но видна и латеральная изменчивость стратифицированных образований. Кристаллический фундамент выглядит на рисунке, как существенно отличное от горизонтально расслоенного чехла образование и явно более сложного строения. Карбонатные части разреза и образования фундамента характеризуются близкими значениями индикационных характеристик, что не противоречит данным о близости для них сейсмических скоростей, в отличие от осадочных терригенных комплексов.

Совершенно другое отношение вызывает высокочастотная составляющая рассматриваемого поля (Рис. 6.2). Здесь по всей мощности исследованного разреза выделяются,

контрастными петрофизическими свойствами. Однако, на том же рисунке видно, что такая же субгоризонтальная «расслоенность» структуры просматривается на рисунке и для архейской части разреза, для которой подобная тектоническая рисовка совершенно не согласуется с современными геологическими знаниями по Восточно-Европейской платформе.

Обозначенное противоречие потребовало специального анализа приведенных данных с позиций точности и разрешающей способности метода. На рисунке 6 показаны результаты разложения исходного поля на составляющие с использованием автоматической технологии двумерной адаптивной энергетической фильтрации в рамках программного комплекса COSCAD 3Dt. В итоге удалось выделить трендовую и высокочастотную составляющие разреза.

прежде всего, линейные знакопеременные субгоризонтальные аномалии с одинаковым периодом от самых верхних горизонтов чехла до самых нижних глубин. Эти аномалии также видны и на исходном разрезе (см. рис.3.). Именно ими прорисована «горизонтальность» в строении архейской образований. Приведенные выше замечания по оценке точности и разрешающей способности сейсморазведки, конкретные данные (показанные на рисунках 3, 5, 6), сопоставление их с существующими геологическими материалами, все это в совокупности позволяет констатировать, что высокий уровень детальности, с которой прорисован исходный разрез, не имеет под собой достаточного технико-метрологического обоснования. А показанные на рисунке 6.2. высокочастотные субгоризонтальные линейные аномалии в своей большей части являются аномалиями-помехами. Также не исключен существенный вклад в выделение последних неадекватных математических процедур обработки, ориентированных на подчеркивание или прослеживание преимущественно субгоризонтальных элементов. Интересно, что на этой части рисунка и более контрастно выглядят вертикальные неоднородности в сейсмических записях, которые мы пытались подчеркнуть на рис. 5.

И, хотя на рисунке 6.2, кроме описанного шумового высокочастотного поля удается заметить аномальные фрагменты по амплитудным параметрам, их морфология также искажена описанной помехой.

Рассмотренный случай не является типичным только для изученной ситуации или предметной области. Широкое внедрение за последние десятилетия в практику геофизических работ цифровой регистрации данных с записью параметров полей с высокой детальностью, а также массовое использование компьютерных технологий, помимо своих очевидных положительных последствий, привело также и к специфическим ошибкам, отображенным в публикациях ряда исследователей. Эти ошибки связаны, именно с недоучетом метрической точности построений для некоторых интерпретационных моделей и с попыткой визуализации недостоверных элементов этих моделей. Все это в совокупности, как это показано в (40) приводит к формированию иллюзий, ложных стереотипов, простых и сложных заблуждений.

Таким образом при резервировании малонадежных элементов необходимо **ПРОВЕДЕНИЕ РЕИНТЕРПРЕТАЦИИ НАРАБОТАННОГО МАТЕРИАЛЫ С ПОЛНЫМ УЧЕТОМ В КОНЕЧНЫХ МОДЕЛЯХ ТОЧНОСТИ И РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ** по отношению ко всем выделяемым прогнозным элементам.

Е. Оценка надежности работ по заверке прогнозных рекомендаций, как основа резервирования заверочного модуля поисковых технологий

На рисунке 7.А. на примере одной из площадей РФ наиболее плотно изученной поисковыми работами на алмазы приведена обобщенная сводка прогнозных рекомендаций, которые были сделаны многими производственными и исследовательскими коллективами более чем за полувековую историю изучения этой территории. При ее составлении на карту вынесены практически все рекомендуемые участки, а далее подсчитано число рекомендаций на единицу площади (плот-

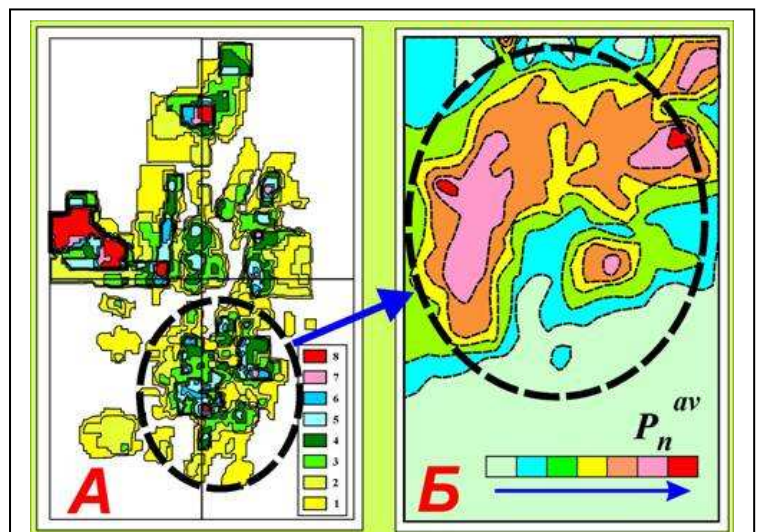


Рисунок 7. Пример отказов в заверочном модуле.

(А – карта плотности прогнозных рекомендаций по одному из алмазоносных районов; Б – фрагмент карты оцен-

ность). Из рисунка видно, что одни и те же участки рекомендовали для постановки детальных поисковых работ многие и многие исследователи в течение весьма длительного времени.

На рис. 7,Б, для части южной половины района приведен фрагмент *карты оценки надежности опоискования территории методом прямого подсечения* на кимберлитовые тела весьма крупных, крупных и средних размеров. На мелкие по размерам кимберлитовые тела район практически не опоискован. Сопоставляя рисунки можно сделать заключение, что для наиболее изученной юго-восточной части района в пределах выделяемых вот уже несколько десятилетий кимберлитоперспективных участков заверочные горно-буровые работы гарантируют выявление только весьма крупных и крупных трубок. *На средние по размерам, а тем более на мелкие кимберлитовые тела методом прямого подсечения даже центральная часть района оказывается практически неизученной.*

Применительно к нефтепоисковым работам можно заранее наметить минимум три группы отказов в геолого-поисковых технологиях на УВ, которые относятся к отказам в заверочном модуле. К первой из них, по-видимому, наиболее распространенной, могут быть отнесены ситуации, при которых заверочные более детальные работы (работы последующих стадий) по результатам выполненного прогнозирования попросту не проводились. Ко второй группе – случаи, когда надежность заверочных работ была недостаточной для уверенной локализации или подсечения залежи, а к третьей – когда исследование и испытание скважин было выполнено в недостаточном объеме или с необходимым качеством на всех перспективных интервалах глубин.

Исследование надежности проведенных ранее работ в отношении отказов пятого модуля, учитывая обозначенные группы, хотя и весьма трудоемко, но достаточно понятно. На исследуемый район составляют карту прогнозных рекомендаций сделанных предшественниками, к ним добавляют новые рекомендации, подготовленные при реинтерпретации исходных данных на объекты остаточной совокупности. Затем составляют карту размещения нефтепоисковых работ по стадиям с указанием положения заверочных скважин и интервалов проведения испытаний. Все эти данные в совокупности позволяют оценить количественные параметры надежности заверочных (44) работ и сопоставить с контурами прогнозных рекомендаций (38).

Опыт проведения таких исследований по ряду площадей показывает, что удовлетворительные результаты надежности заверки удается зафиксировать только на очень небольшой части перспективных территорий, да и то на объекты весьма существенные по размерам. Для небольших и нетипичных месторождений показатели вероятности безотказной работы пятого модуля оказываются близкими к нулю.

Резервирование отказов заверочного модуля поисковых технологий естественно предполагает вовлечение в заверку если не всех, то подавляющей части прогнозных рекомендаций. При этом для выбора из них перспективных целесообразно сопоставлять примерные затраты на проведение заверочных работ с доверительным диапазоном оценки прогнозных ресурсов по каждому из объектов.

4. О количественной оценке качества и надежности реализованных или проектируемых поисковых технологий и основные группы прогнозных ресурсов.

Для оценки качества и надежности каждого из рассмотренных выше модулей существуют (44) специальные приемы вычисления количественных показателей (вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, число отказов на объем проведенных исследований и др.). Эти показатели вполне понятны, конкретны и легко интерпретируются.

На рисунке 8 при помощи логической диаграммы Эйлера иллюстрируется переход от оценок качества и надежности отдельных модулей поисковых методов или технологий

к общим оценкам их надежности, учитывающим все пять модулей. Кратко рассмотрим по рисунку обоснование предлагаемого решения.

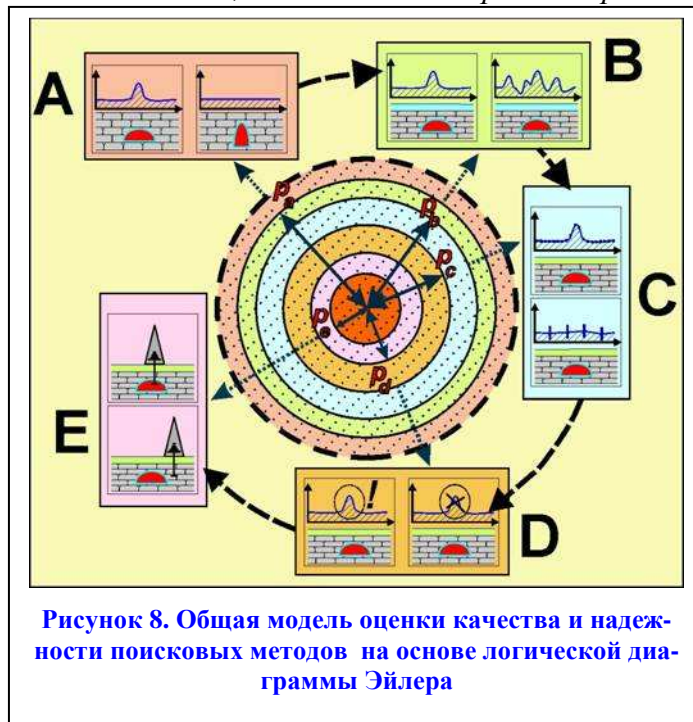
Пусть на некоторой площади, где проводятся поисковые работы, имеется достаточно большое количество поисковых объектов различного морфологического типа и литолого-стратиграфической позиции. Все эти объекты отображены в центральной части рисунка в виде точек в кругу, объединенных черной пунктирной окружностью, т.е. каждая точка внутри круга – некий поисковый объект.

Теперь представим себе, что из этой совокупности объектов наши поисковые технологии ориентированы по всем своим конструктивным параметрам только на объекты одного типа, т.е. приуроченные к определенной части разреза и обладающие определенными литологическими и морфологическими особенностями. На рисунке такие объекты показаны в левой части вставки с индексом «А». Все прочие объекты условно обозначены в виде модели на правой части той же вставки. Очевидно, что при прочих благоприятных условиях все типовые объекты будут выделяться при поисках, а не типовые пропускаться. Тогда отношение количества типовых объектов в генеральной совокупности к их общему количеству может рассматриваться как оценка вероятности безотказной работы первого- вещественно-индикационного - модуля – p_a . Графически пропускаемые нетипичные объекты можно показать, как группа точек, образующая внешнее кольцо в общем кругу в центре рисунка.

Очевидно, что дальнейшее рассмотрение параметров качества и надежности целесообразно только для типовых поисковых объектов – совокупность точек в кругу с радиусом p_a .

Пусть теперь из этих типовых объектов, одна часть в реальной ситуации залегает в благоприятных для поисков ландшафтно-геологических обстановках (левая часть вставки с индексом «В»), а другая часть – в неблагоприятных. Круг с индексом p_b очерчивает объекты, расположенные в благоприятных средах, а второе снаружи кольцо – в неблагоприятных.

В этом случае вероятность безотказной работы второго модуля поискового метода (ландшафтно-геологического), равна отношению площадей меньшего круга к большему из рассматриваемой пары (p_a и p_b).



Из приведенного рассуждения видно, что вероятность для второго модуля является **условной вероятностью** и вычисляется только, если имеет место первое событие, т.е. для части объектов поисков с типовыми условиями локализации.

Теперь пусть на площади работ проведены поисковые работы, однако плотность расположения точек наблюдений и точность или представительность наблюдений оказались неодинаковыми для исследованной территории. На одной ее части параметры съемки оказались достаточными для фиксирования всех типовых объектов, параметры которых равны или превышают минимально-промышленные, а на других частях по тем или иным причинам – недостаточными. В нашем примере отразившиеся объекты образуют совокупность точек расположенных в пределах окружности с радиусом p_c . Тогда вероятность безотказной работы технико-метрологического модуля поискового метода, т.е. вероятность события, что любой из объектов, обладающий повышенным инди-

кационным параметром i , залегающий в благоприятной ландшафтно-геологической среде, фактически отразится достаточно контрастной аномалией, равна отношению площадей меньшей окружности (с радиусом r_c) к большей (с радиусом r_b).

Аналогичным образом можно описать вероятности безотказной работы для геолого-интерпретационного и заверочного модулей (вероятности p_a и p_e).

В результате полученных помодульных характеристик качества может быть определена обобщенная характеристика качества (p_{a-e}) или надежности поискового метода или технологии, реализованного или проектируемого для конкретной площади для обнаружения конкретного объекта, как произведение условных вероятностей:

$$P_{a-e} = P_a P_b P_c P_d P_e$$

Аналогичным образом можно показать, что общее количество отказов, которое возникает при проведении поисковых работ на конкретной территории ($T_{об}^{a-e}$) определяется, как сумма отказов, вычисленных для конкретных модулей ($T_{об}^a \dots T_{об}^e$), или:

$$T_{об}^{a-e} = T_{об}^a + T_{об}^b + T_{об}^c + T_{об}^d + T_{об}^e$$

Полученные таким образом количественные оценки позволяют построить карты качества и надежности опоискования исследуемых территорий, определить для каждой площади или участка фактическую структуру отказов, т.е. роль отказов каждого из модулей, наметить адекватные процедуры резервирования, а также предварительно оценить остаточные прогнозные ресурсы (38). Оценку прогнозных ресурсов целесообразно выполнять отдельно по каждому из пяти модулей, выделяя ресурсы, связанные с отказами в:

- вещественно-индикационном модуле, т.е. с нетипичными по размерам, морфологии и условиями залегания поисковыми объектами (Группа I – прогнозные ресурсы);
- ландшафтно-геологическом модуле, т.е. с территориями и частями разреза, характеризующимися неблагоприятными для традиционных технологий поисков природными условиями (Группа II);
- технико-метрологическом модуле – с площадями, где плотность и детальность ранее проведенных наблюдений представляется недостаточными на объекты остаточной совокупности (Группа III);
- геолого-интерпретационном модуле, связанными с неадекватными задаче и исходным данным технологиями интерпретации (Группа IV);
- заверочном модуле (Группа V).

В зависимости от детальности изученности конкретных территорий ресурсы каждой из пяти обозначенных групп могут быть далее классифицированы в соответствии с

О программе работ «ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НА УВ :
Целевое назначение - оценка надежности опоискования и остаточных ресурсов УВ с выделением площадей, глубин их залегания, разработкой методики локализации, оценки экономической целесообразности промышленной отработки.

существующей на сегодня классификацией запасов и ресурсов УГВ, утвержденной приказом МПР РФ от 7 февраля 2001 г. N 126 "Об утверждении Временных положения и классификаций"

5. Заключение (о программе оценки надежности опоискования и остаточных прогнозных ресурсов РТ)...

В настоящей работе предпринята попытка обоснования необходимости исследований остаточных прогнозных ресурсов

территорий с позиций теории надежности геолого-поисковых систем. Рассматривая применимость надежностного подхода при исследовании геологической эффективности реализованных поисковых работ, выше, мы попытались провести "красной нитью" всего одно положение: *в результате осуществленного комплекса геолого-поисковых работ должны были быть обнаружены практически все месторождения УВ, представляющие реальную ценность в условиях данного геолого-промышленного района.* Само это положение вполне очевидно, лежит в основе проектирования любого комплекса геолого-поисковых работ и не требует каких-либо доказательств. Однако, в процессе предварительного исследования факторов, определяющих полноту его осуществления в конкретных условиях, оказалось, что в целом ряде случаев, отмеченное положение, по видимому, не выполняется, по крайней мере, достаточно строго, так как оно должно выполняться **ДЛЯ РЕГИОНА ДЕЙСТВУЮЩИХ ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.**

Весьма существенный прирост прогнозных ресурсов ожидается в связи с целевой

Основные задачи:

Задача 2. Оценка надежности опосредования и ресурсов для потенциально перспективных иерархических таксонов на основе данных по геолого-геофизической и минералого-геохимической изученности, закономерностей размещения УВ с выделением площадей и участков для проведения детальных поисков

переориентацией полевых и интерпретационных геолого-геофизических поисковых исследований на обнаружение традиционных для региона типов месторождений, но небольших по размерам, или различных по размерам, но залегающих в нетиповых обстановках. Однако представляется, что исключительная ориентация новых поисков на какой-то один такой тип из названных является в существенной мере рискованной, опасной. Систематическая же проработка данных по каждому из направлений, построение специальных карт и объемных моделей для всех

из них, учет экономических оценок затрат на поиски и добычу должно позволить разработать наиболее оптимальный план нового этапа поисков.

Далее, можно ожидать новый вклад прогнозных ресурсов за счет территорий и частей разреза с осложненными условиями поисков. Разработанные на сегодня технологии ведения работ могут позволить отработать эффективную методику наблюдений ориентированную именно на индивидуальные ландшафтно-геологические обстановки с обеспечением достаточной разрешающей способности методов.

Свою лепту в позволят внести исследования фактического положения с качеством и надежностью остальных трех модулей: технико-метрологического, геолого-интерпретационного и заверочного. А построение, вначале помодульных и пометодных карт качества и надежности с объединением затем этих параметров в обобщенные оценки позволит определить общую стратегию ведения работ и эффективные технологические решения.

Основные задачи:

Задача 3. Проведение обобщающей геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов и запасов по укрупненным показателям и подготовка рекомендации по целесообразности, направлениям и методике проведения последующих поисковых и оценочных работ.

Наиболее эффективная оценка качества и надежности поисков может быть достигнута при выполнении таких исследований в режиме мониторинга, в соответствии с меняющимися ценами на УВ, с получением новых геологических данных, освоением новых или совершенствованием традиционных поисковых методов. При такой постановке проблемы ее решение может быть достигнуто созданием **КОМПЬЮТЕРНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ РАБОТ.** Создание такой системы может проводиться одновременно с первичным исследованием проблемы на УВ для старых нефтедобывающих регионов, в том числе и Республики Татарстан.

Список литературы

1. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 744 с.
2. Буторин О.И., Владимиров И.В., Нурмухаметов Р.С., Ахметов Н.З., Юнусов Ш.М. Совершенствование технологий разработки карбонатных коллекторов с учетом преимущественного направления трещиноватости. - «Нефтяное хозяйство» 2002, №2.
3. Войтович Е.Д., Шельнова А.К. Влияние предвизейских эрозионных врезов на размещение нефти в нижнекаменноугольных отложениях Татарии. // «Геология нефти и газа». 1976. № 3. С. 73-82.
4. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Егоркин А.В., Плотникова И.Н., Назипов А.К. Согласованность геофизических, геохимических и флюидодинамических данных как аргументация глубинности углеводородообразующих систем. «Георесурсы» №4, 2002. С. 33-37.
5. Грунис Е.Б. Ускоренная разведка и освоение залежей нефти в сложнопостроенных ловушках (на примере востока Русской плиты).- СПб.: ВНИГРИ, 1995, - 194 с.
6. Грунис Е.Б., Доронкин К.Н., Кузьмин В.М., Юсупов Р.И. Совершенствование технологии испытания объектов в породах кристаллического фундамента и рифейско-вендских отложениях. «Нефтяное хозяйство», 1986, №10.
7. Ермолова Т.Е. Клиноформное строение радаевско-елховских отложений Камско-Кинельской системы прогибов и проблема поиска в них ловушек неантиклинального типа //Геология нефти и газа. 2005 № 5.
8. Исхаков И.А., Лозин Е.В., Масагутов Р.Х., Федорченко В.А.. Повышение эффективности геолого-разведочных работ на нефть и газ в Башкортостане. «Нефтяное хозяйство», 2002, № 4,
9. Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Гуревич Г.С. и др. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов // Под ред. А.Э. Конторовича. – М.: Недра, 1988. – 233 с.
10. Ларочкина И.А., Мельников С.Н. Палеогеоморфология юго-востока Татарии в раннекаменноугольное время// Геоморфология. –№3.- 1984.- С. 65-69.
11. Ларочкина И.А. и др. Перспективы нефтеносности пород елховского горизонта в прогибах Камско-Кинельской системы на территории Татарии //Геология и освоение ресурсов нефти в Камско-Кинельской системе прогибов. - М.: Наука, 1991.
12. Муслимов Р.Х. Потенциал фундамента нефтегазоносных бассейнов – резерв пополнения ресурсов углеводородного сырья в XXI веке. «Георесурсы» №4, 2002. С. 2-5.
13. Муслимов Р.Х.Нетрадиционные источники углеводородного сырья-резерв дальнейшего развития старых нефтедобывающих регионов страны (на примере Татарстана) //Нетрадиционные источники углеводородного сырья и проблемы его освоения: Докл. Второго Междунар. Симпозиума.-СПб.:ВНИГРИ,2000.-С.27-40.
14. Муслимов Р.Х. Пути расширения ресурсной базы на поздней стадии развития нефтедобывающих регионов// Высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефиты разрабатываемых месторождений: Труды научно-практической конференции VI международной специализированной выставки «Нефть, газ – 99»(Казань, 8-9 сентября 1999 года). – С.4-27.
15. Муслимов Р.Х. Повышение эффективности освоения нефтяных месторождений Татарии.- Казань: Татарское кн. изд-во, 1985.-176с.
16. Мухаметшин Р.З., Палеоврезы и их роль в освоении трудноизвлекаемых запасов нефти. – М. «ООО Геоинформарк». 2006 – 80 с.

17. Мухаметшин Р.З. Условия образования нижнекаменноугольных эрозионных врезов Татарии и влияние их на нефтеносность // Нефтегазовая геология и геофизика. – М.: ВНИИОЭНГ, 1981. - №3. С.9-13.
18. Мухаметшин Р.З., Боровский М.Я.. Прогнозирование, геометризация и оценка запасов рукавообразных залежей нефти. «Развитие идей И.М. Губкина в теории и практике нефтегазового дела. Тезисы докладов XIV Губкинских чтений – М. ГАНГ им. И.М. Губкина. 1996. с. 29-30
19. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Под ред. В.С. Авдеевского и др. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы.
20. Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения. Материалы научной конференции. Казань:Изд-во Казанск. ун-та,2005.-360с.
21. Новые идеи поиска, разведки и разработки нефтяных месторождений: Труды научно-практической конференции VII международной выставки «Нефть, газ – 2000» (Казань, 5-7 сентября 2000 года). Казань: Экоцентр, 2000 – 468 с.
22. Ольнева Т.В. Структурно-тектоническая схема инверсионных поднятий южного окончания Казанско-Кажимского прогиба. «Георесурсы», Казань, 2003, №2 С. 18-20
23. Плотникова И.Н. Геолого-геофизические и геохимические предпосылки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана. СПб.: «Недра», 2004. – 172 с.
24. Плотников Н.А. К вопросу о нефтеносности кристаллического фундамента на территории Татарстана. «Георесурсы» №4, 2002. С. 29-32.
25. Рифы Урало-Поволжья, их роль в размещении залежей нефти и газа и методика поисков / Под. ред. Мирчинк М.Ф - М.: Недра, 1974. –152с.
26. Ситдикова Л.М., Изотов В.Г. Геодинамические условия формирования деструкционных резервуаров углеводородов глубоких горизонтов земной коры. «Георесурсы» №4, 2002. С. 17-22.
27. Сысоев Ю.А.. Нефтеносность позднедевонских рифогенных образований Хорейверской впадины. «Нефтяное хозяйство» 2002, №3.
28. Тектоническое и нефтегеологическое районирование территории Татарстана /Под ред. Р.С.Хисамова.-Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2006.-328 с.
29. Фортунатова Н.К., Швеиц-Тэнэнта-Гурий А.Г., Гумаров Р.К., Екименко В.А., Тарасов Е.А.. Клиноформные тела в палеозойских карбонатных толщах Камско-Кинельской системы прогибов – новый тип поисковых нефтяных объектов в западном Татарстане. «Геология нефти и газа», 2006, № 1.с 17-22
30. Хайретдинов Р.Ш. О выделении коллекторов в разрезах кристаллического фундамента сверхглубоких скважин. «Георесурсы» №4, 2002. С.8-10.
31. Христофорова Н.Н., Христофоров А.В, Муслимов Р.Х. Разуплотненные зоны в кристаллическом фундаменте. «Георесурсы» №1, 1999. С. 4-15.
32. Хисамов Р,С, Высокоэффективные технологии освоения нефтяных месторождений- М.:ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 628с.
33. Хисамов Р.С. Особенности геологического строения, изученность, динамика структуры запасов и экономические критерии разработки месторождений углеводородов Республики Татарстан //Геология нефти и газа. Материалы регионального совещания.-2004.-С.12-19.
34. Хисамов Р. С.Базаревская В.Г. Заголовок: Эффективность применения современных технологий опоскования перспективных структур: Методы разведки нефти и газа: Нефтяное хозяйство. 2003 . N 8. - С. 30-33

35. Р. С. Хисамов; В. Т. Базаревская, Ш. М. Богатеев /Проблемы геологоразведочных работ в Республике Татарстан на поздней стадии освоения углеводородных ресурсов/ Нефтепромышленное дело. 2001 . N 4. - С. 77-78.
36. Хисамов Р.С., Миловидов К.Н., Бережная Л.И.. Экономические проблемы освоения мелких месторождений. «Минеральные ресурсы России», 2000, №2 С. 25-36.
37. Хисамов Р.С. Особенности геологического строения и разработки многопластовых нефтяных месторождений.- Казань: Изд-во «Мониторинг»,1996.-288с.
38. Цыганов В. А., Егоров А.Ю., Ставский А.П. Восстановление и расширение минерально-сырьевой базы действующих добывающих предприятий. «Минеральные ресурсы России», 2005, №5 с. 8-22.
39. Цыганов В.А. Новые данные о геологическом строении территории Мезенской синеклизы и ее перспективах на углеводороды (по результатам высокоточной аэромагнитной съемки). «Георесурсы»
40. Цыганов В.А. Некоторые психологические аспекты визуального восприятия картографической информации при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. в сб. Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. с.597-602
41. Цыганов В.А. Остаточные прогнозные ресурсы районов действующих алмазодобывающих предприятий Якутии и основные проблемы их промышленного освоения. В сб. «Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века». Воронеж. И-во ВГУ. 2003. с 553-558.
42. Цыганов В.А. Геолого-тектоническое строение верхней части разреза кристаллического фундамента центральной части Восточно-Европейской платформы и его отражение в структурах верхней части осадочного чехла. «Георесурсы» №4, 2002. С. 38-45.
43. Цыганов В.А. Направления восстановления минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий России (теоретические, экономические и методические аспекты) "Отечественная геология" 1997, N 3. С. 16-22.
44. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. – М.: “Недра”, 1994. – 484 с.
45. В.А. Цыганов, Н.Н. Зинчук, В.П. Афанасьев О проблеме оценки генеральной совокупности по неслучайным выборкам (на примере индикационных характеристик кимберлитов) // ДАН СССР. – 1988. – Т. 301, № 3. – С. 672-677.

Опубликовано: "Минеральные ресурсы России" № 5-2007