

шей коллекторской емкостью, залегающие непосредственно на архейском фундаменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и оценка нефтегазоносности Московской синеклизы / В.П. Орлов, В.Б. Мазур, Д.Л. Федоров и др. — М., 1998. — 56 с. — (Обзор. информ. / МПР РФ; Вып. 5).
2. Шиловская Т.И., Шиловский А.П. Перспективы нефтегазоносности протерозойских отложений северо-востока Московской синеклизы // Научно-практическая конф. "Малоизученные нефтегазоносные регионы и комплексы России: Тез. докл. — М.: ВНИГНИ, 2001. — С. 99—100.
3. Полетаев А.И. Узловые структуры земной коры. текто-

ника, геодинамика, магматизм // *Материалы совещания "Тектоника, геодинамика, процессы магматизма и метаморфизма"*. — М., 1999. — Т. 2. — С. 63—64.

4. Чайкин В.Г. Геодинамическая природа внутриплитного магматизма Восточно-Европейской платформы // *Материалы совещания "Тектоника, геодинамика, процессы магматизма и метаморфизма"*. — М., 1999. — Т. 2. — С. 268—269.

5. Шиловская Т.И., Шиловский А.П. Рифогенные постройки в отложениях верхнего ордовика Московской синеклизы // *Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений: Материалы Второго Всерос. литолог. симпозиума по ископаемым кораллам и рифам*. — Сыктывкар, 2001. — С. 244—245.

УДК 550.8.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОИСКОВОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МАЛОИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

Ф. С. Ульмасвай

(ИПНГ РАН и Минобразования России)

Перспективы развития нефтегазовой отрасли в значительной степени определяются величиной неоткрытых запасов УВ и возможностями их обнаружения. Основные нефтегазодобывающие провинции России уже хорошо изучены. Все сколько-нибудь крупные месторождения открыты, пробурены тысячи скважин, исследованы тысячи километров сейсмических профилей, создана производственная инфраструктура — все это обеспечивает конкурентные условия для поиска и освоения малых (по запасам) месторождений. Проблема заключается в том, что обнаружение малых месторождений — дело гораздо более рискованное и требующее больших затрат, чем открытие крупных месторождений. Для снижения риска большое значение имеет именно изученность старых нефтегазоносных провинций. Это позволяет: 1) опираться на обширные базы данных; 2) выбрать в качестве эталонов поисковых объектов желаемые типы месторождений. И, тем не менее, стандартное применение методов и комплексов методов, которые используются при поисках крупных месторождений, уже показало невысокую эффективность, зачастую неприемлемую для многих фирм — потенциальных операторов малых месторождений.

Как известно из опыта прогнозирования, его эффективность прямо зависит от разнообразия независимых, взаимно некоррелированных признаков, положенных в его основу. "Классические", стандартные методики поисков опираются, по существу, на один признак — приуроченность скоплений УВ к положительным структурам. Повысить эффективность прогноза месторождений можно за счет привлечения

Показана возможность эффективного прогнозирования скоплений УВ на основе анализа малоинформативных признаков.

It is shown possibility of efficient forecasting of hydrocarbon accumulation on the base discovered attachment oil and gas deposits to particular local geodynamic areas.

новых признаков — литологических, гидрогеологических, геохимических, геоморфологических и т. д. Собственно, подобные признаки уже давно используются при разнообразных способах прямого

прогнозирования месторождений. Опыт показал, что при прямом прогнозировании крупных месторождений надежность базирующегося на них прогноза оказывается ниже, чем у "классического" способа, нацеленного на прогноз крупных структурных ловушек. Особенностью названных признаков является малая информативность в отношении объекта поисков — скоплений УВ. Каждый из таких признаков связан не только со скоплениями УВ, но и с обширным классом других геологических явлений, не относящимся к скоплениям УВ. При прогнозе малых месторождений влияние структурного фактора снижается и повышается роль других — слабоинформативных признаков. Тем не менее, можно предположить, что в пространстве многих, пусть даже и малоинформативных в отношении скоплений УВ, независимых признаков можно диагностировать область их пересечения, относящуюся именно к скоплениям УВ. С такой предпосылкой можно попытаться построить оптимальную модель перспективного участка, базируясь на комплексе малоинформативных признаков. Это особенно привлекательно, поскольку методы прогнозирования, использующие малоинформативные признаки, имеют относительно низкую стоимость и не требуют развития новых технологий. Риск, который связан с полученным таким образом прогнозом, может быть определен количественно, что дает возможность объективной оценки прогноза, полученного на основе изла-

гаемого подхода, и иными способами. В статье описывается пример такого методического подхода, способного значительно уменьшить риск при поиске месторождений. Сегодня может случиться так, что компания, выбравшая участок(-ки), перспективный (-ые) для открытия малых месторождений в освоённых местах, может оказаться такой же или более прибыльной, чем компания, выбравшая участки, перспективные для открытия крупных месторождений, но с большим риском и в менее изученных частях бассейнов.

Определение перспективных мест возможно через анализ большого числа доступных данных, имеющих в хорошо изученных нефтегазоносных провинциях. Диагностика и соответствующая идентификация перспективных площадей требуют привлечения всех доступных информативных геолого-геофизических и других ресурсов и интеграции их в единый комплекс многомерных данных. Цель объединения данных — создание многомерного образа продуктивной территории в пространстве геологических, геофизических, геоморфологических и других (в общем случае) признаков, сопоставление выбранных признаков с такими же признаками известных месторождений и создание

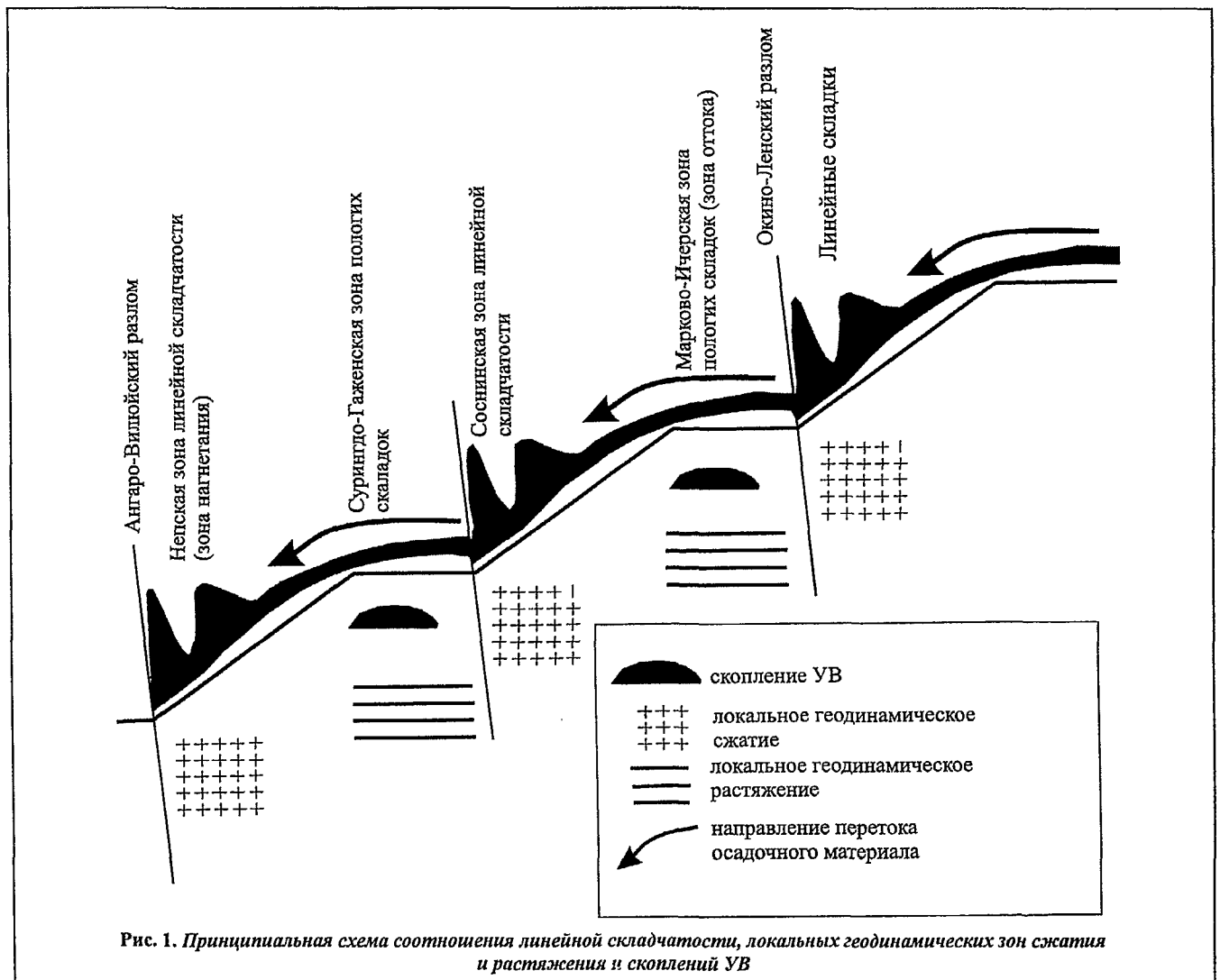
многомерного образа продуктивной территории. Один из привлекательных аспектов названного направления анализа геологических данных — его низкая стоимость.

Оценка перспективности территории предлагаемым методом имеет три достоинства — численную оценку риска поисковых работ, экономичность и скорость.

Работа должна включать как минимум 4 четко различающихся части:

- 1) составление базы цифровых, координатно-привязанных геолого-геофизических и других данных, доступных для конкретного проекта;
- 2) выявление некоррелированных признаков, устранение ошибок, оценку информативности признаков;
- 3) определение связи выбранных признаков с данными о продуктивности территории;
- 4) интеграцию результатов, картирование перспективной территории. Оценка перспективности должна включать не только указание мест, перспективных для бурения, но и оценку риска поисковых работ.

Следует отметить, что опытные геологи всегда используют значительную часть названной выше информации при определении перспективных террито-



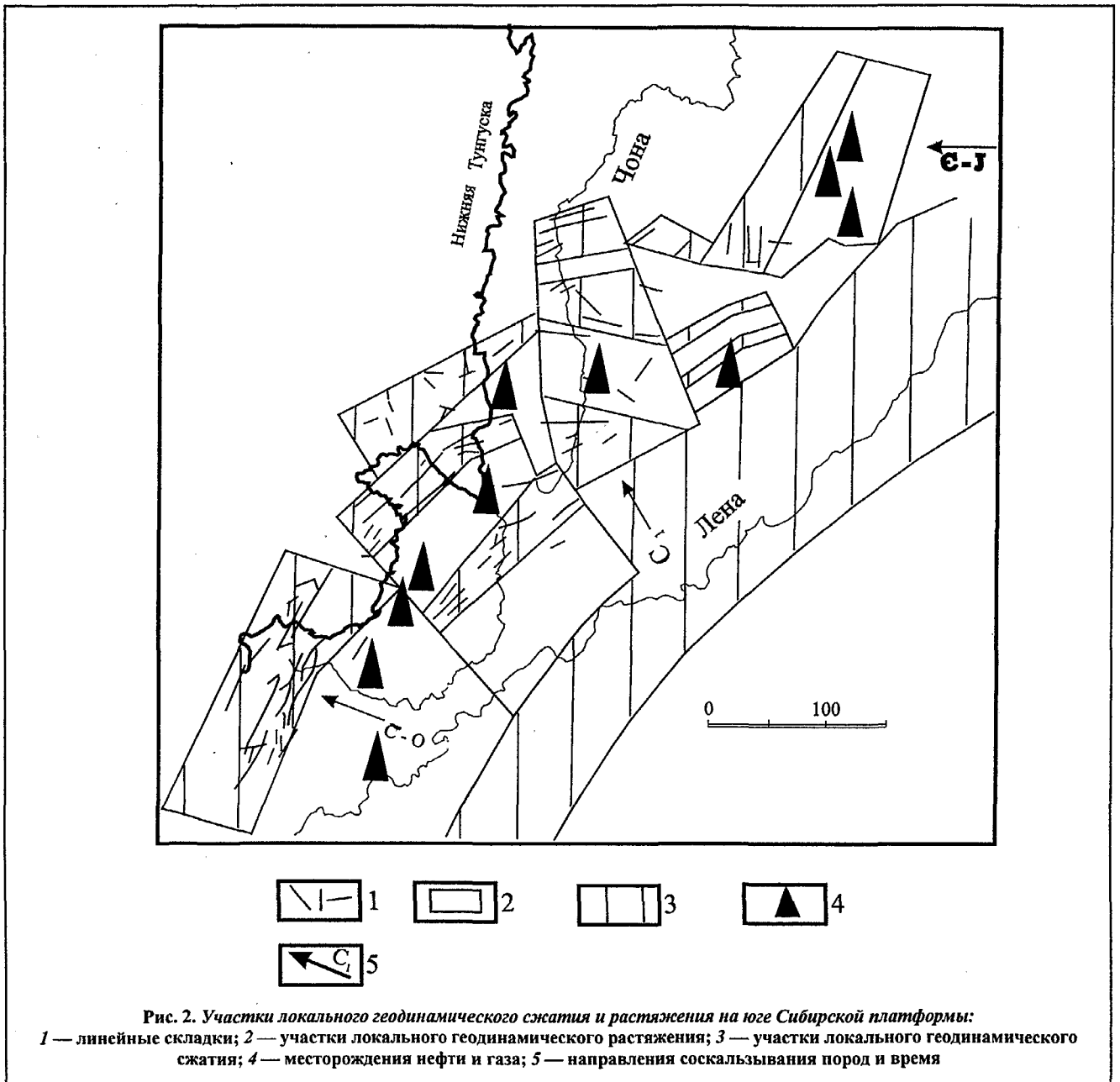
рий, но зачастую в неявном виде, на интуитивном уровне. Как правило, подобные прогнозы не формализованы и не воспроизводимы другими геологами, хотя эффективность прогнозов каждого отдельного опытного геолога может быть высокой и весьма убедительной.

Несмотря на то, что для излагаемой модели прогноза желательно использовать широкий спектр разнородной информации, в данной статье рассматриваем лишь два источника информации — топографические карты и космические снимки, имея в виду, что привлечение других независимых признаков способно лишь увеличить надежность и эффективность прогноза, но не уменьшить их.

Сочетание разнообразных цифровых данных, обширного выбора программ их обработки и определенных концепций, описывающих модели геологических

процессов и геологических ситуаций, определяющих продуктивность территории, позволяет провести ранжирование территории по перспективности и выбрать наиболее перспективную чрезвычайно экономически выгодным способом по сравнению со стандартными геологическими и геофизическими программами исследований.

В результате реконструкции истории геологического развития Сибирской платформы было установлено [1], что в южной и западной частях платформы широко развиты процессы гравитационного тектогенеза, которые образуют два типа структур — нагнетания и оттока (нагнетания — куда нагнетается, перемещается осадочный материал, и оттока — откуда материал оттекает). В геодинамических терминах первые являются зонами локального геодинамического сжатия, а вторые — локального геодинамического



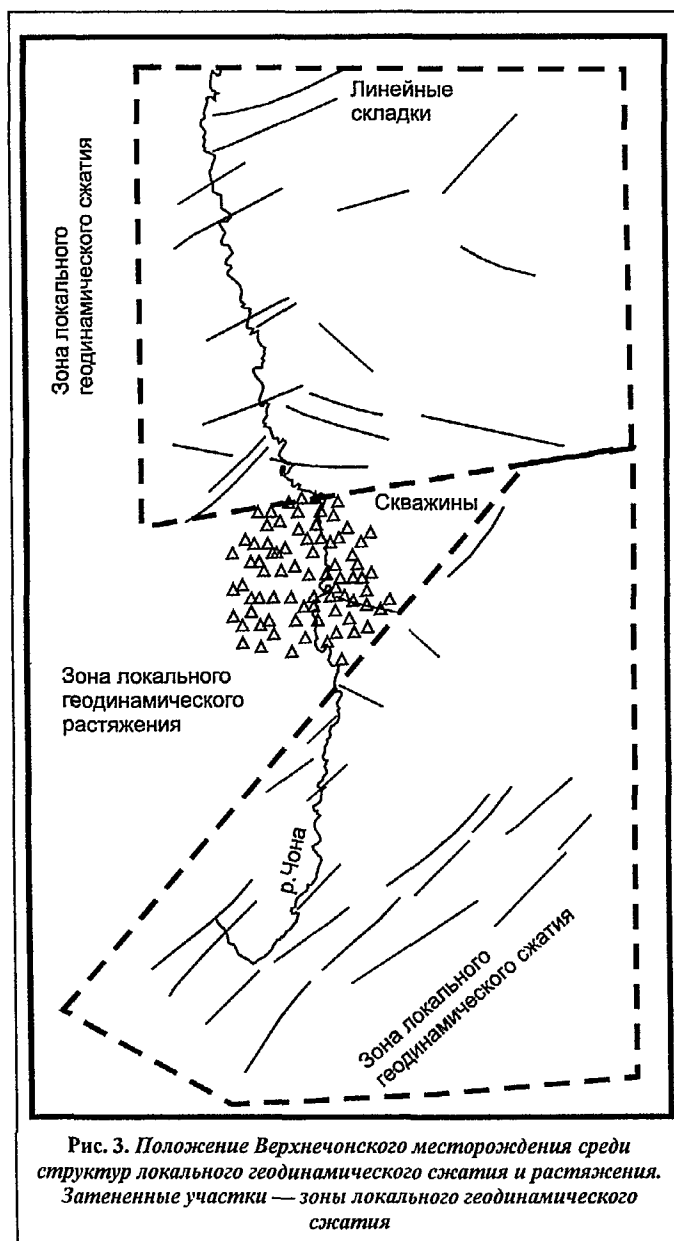
растяжения. На рис. 1 показан несколько схематизированный разрез через южную часть платформы. Пользуясь тем, что участки локального геодинамического сжатия достаточно четко выделяются на геологических и топографических картах по характерным линейным складкам, мы закартировали их в южной части платформы (рис. 2). Продуктивные структуры в зонах локального геодинамического сжатия отсутствуют. Все скопления УВ, известные на юге платформы располагаются под зонами локального геодинамического растяжения, в районах развития пологих, брахиформных складок. На рис. 3 показано, как контур одного из крупнейших на Сибирской платформе Верхнечонского месторождения вписывается в область локального геодинамического растяжения, избегая зон сжатия.

Естественно предположить, что интенсивность проявления геодинамических процессов каким-то образом влияет на масштабы скопления УВ. Учитыва-

вая, что чем сильнее геодинамическое растяжение, тем больше осадочного материала утечет из зоны оттока, тем ниже опустится ее поверхность, в качестве меры интенсивности геодинамического растяжения была выбрана абсолютная высота земной поверхности в зоне оттока. На рис. 4 видно, что такая зависимость между интенсивностью локального геодинамического растяжения и величиной скопления УВ действительно существует.

Значение обнаруженного явления для прогнозирования месторождений УВ заключается в том, что обнаруженные локальные геодинамические зоны имеют характерную структурную специфику и характерное геоморфологическое выражение. В общем, в зонах локального геодинамического сжатия структуры более крутые, с более четко выраженным простиранием, чем в зонах локального геодинамического растяжения. На поверхности первые выделяются большей упорядоченностью геоморфологических элементов рельефа, чем вторые. Такая характеристика локальных геодинамических зон, определенная в полевых условиях и в результате анализа результатов геологического картирования, совпадает с результатами моделирования различных геодинамических ситуаций [2—4]. Естественно, мы не вправе ожидать столь же яркого проявления гравитационных процессов в других регионах, как и на Сибирской платформе. Скорее всего, они будут иметь гораздо менее выраженный и более завуалированный характер. Для диагностики типов локальных геодинамических ситуаций, благоприятных для скопления УВ, применена специальная методика цифровой обработки топографических карт и данных дистанционного зондирования Земли из космоса о рельефе в других нефтегазоносных областях. Для большей части территории Российской Федерации существуют богатые цифровые базы топографических и спутниковых данных. Часть из них сравнительно легко- и общедоступна, другая может быть получена от специализированных поставщиков. Кроме того, существует значительное число компьютерных программ, приспособленных для анализа именно топографических и спутниковых данных, которые позволяют реализовать запросы геологов-поисковиков — от простых до весьма изощренных.

В качестве полигона для проверки эффективности рассматриваемого подхода к прогнозированию скоплений УВ был выбран север Западной Сибири — регион, резко отличающийся от Сибирской платформы по всем геологическим параметрам — типу геологического развития, составу, структуре, толщине осадочного чехла. Если признаки скоплений УВ, информативные для Сибирской платформы, и методы их диагностики окажутся эффективными для такого принципиально иного региона, каким является Западная Сибирь по отношению в древней Сибирской платформе, то можно надеяться, что они будут эффективны и для других геологических ситуаций. Исходя



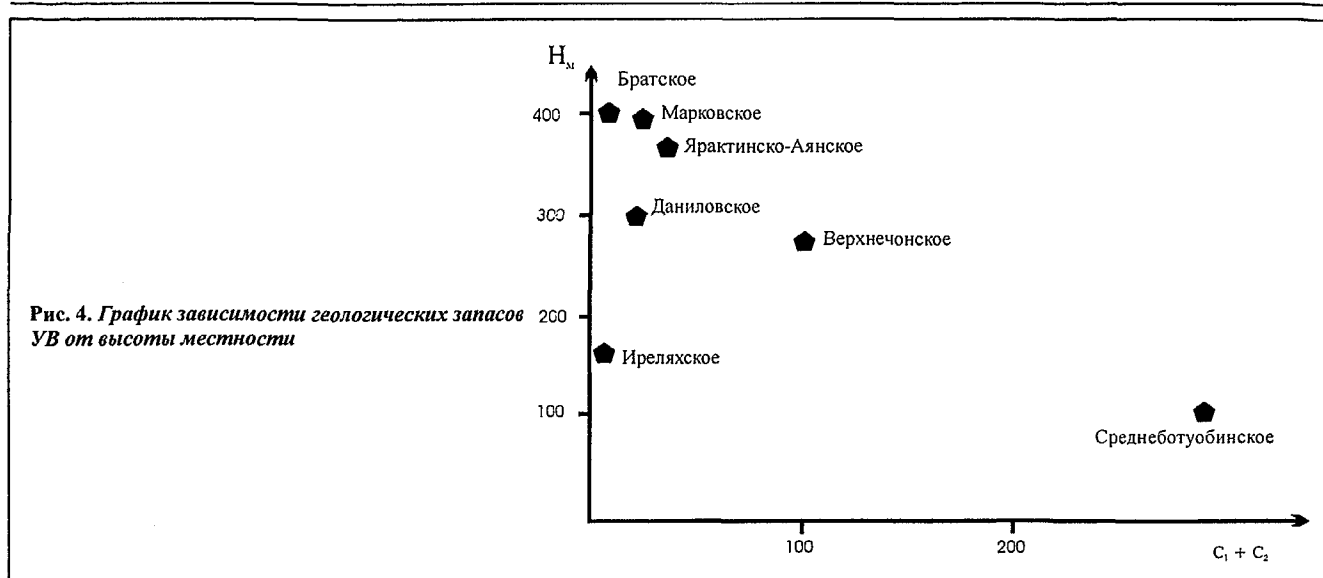


Рис. 4. График зависимости геологических запасов УВ от высоты местности

из такой предпосылки, была экспертно сформирована модель перспективной территории, базирующаяся на концепции приуроченности скоплений УВ к зонам локального геодинамического растяжения. Признаки таких зон, определенные в результате геологического картирования и по данным модельных экспериментов, были перечислены выше. Необходимо было определить их пороговые значения применительно к специфике конкретного региона — севера Западной Сибири. При моделировании поискового процесса предполагалось, что до начала моделирования исследователи не имеют сведений о реальной продуктивности территории. Она была определена формальными рамками топографических планшетов — Q-43-А, Б, В, Г, Q-44-А, В, Р-43-А, Б, Р-44-А. Анализ распределения регионального фона высот показал несколько высотных уровней, которые были отождествлены (без специальных доказательств) с площадками зон оттока структур гравитационного тектогенеза, приведенных на рис.3, или (в геодинамических терминах), с зонами локального геодинамического растяжения. Было задано, что для каждой определенной таким образом зоны локальный рельеф должен быть невысоким, структуры его должны быть пологими, без четко выраженных простираний и т. д. Площадь севера Западной Сибири, отвечающая сформулированным условиям, оказалась равной 17819,3 км², что составляет 26,5 % от всей площади рассматриваемой территории (67302,3 км²). На рассматриваемой территории известно 103 месторождения. В пределы прогнозной территории попало 36. Площадь всех месторождений, известных на рассматриваемой территории, составляет 9712,8 км² (А). Площадь месторождений, расположенных на определенной таким образом территории, — 7241,6 км², или 74,6 % площади А.

Примечательно, что для такого прогноза не были использованы никакие специальные нефтегазгеологические данные.

В прогнозную территорию попали все газовые гиганты — Уренгойское, Медвежье и Ямбургское месторождения. Кроме них в прогноз попало и значительное число более мелких месторождений.

Территория определенная на основе экспертной модели продуктивного участка, все же достаточно велика. Можно попытаться ее уменьшить, используя уже известные приемы распознавания. Первым месторождением, открытым на севере Западной Сибири было Тазовское месторождение, небольшое по размерам и запасам, однако оно попало в прогнозную территорию, определенную на предыдущем этапе. Поскольку оно было открыто первым, представляет интерес продолжить моделирование поискового процесса, используя первое открытое месторождение как эталон. Для формирования оптимальной модели перспективного участка в качестве признаков без какой-либо селекции были использованы разнообразные данные, характеризующие рисунок рельефа, его высотную характеристику, плотность линеamentной сети и распределение линеamentов по сторонам света. При этом в качестве перспективной была выделена территория площадью 1102,3 км². В эту площадь попали площади 8 месторождений, в том числе всех трех гигантов. Наиболее информативными оказались такие признаки, как общая плотность линеamentов, неоднородность их распределения по сторонам света. Обращает на себя внимание, что информативные признаки, определенные таким формальным образом, в целом не совпадают с комплексом признаков, определенных из названных выше генетических представлений, но и эффективность их ниже. Если применить методику распознавания, опираясь на Тазовское месторождение в качестве эталонного, и определить похожие на него участки по всей рассматриваемой территории, то эффективность такого прогноза будет ниже, чем прогноза, основанного на экспертной модели. Прогноз, базирующийся на приуроченности УВ к зонам локального геодинамического растяжения в сочетании, на втором

этапе, с формальным распознаванием продуктивных территорий по всему набору имеющихся признаков, позволяет значительно локализовать прогнозную территорию. Площадь перспективных земель, выделенных таким образом, составляет всего около 2 % от площади всей исследуемой территории.

Анализ малоинформативных признаков возможен как в хорошо изученных нефтегазоносных осадочных бассейнах, так и на новых территориях. Его отличительными качествами являются выделение перспективного участка и численная оценка качества прогноза, что делает более надежным обнаружение дополнительных запасов сравнительно дешевой ценой.

Поскольку излагаемый подход к оценке перспективности не требует дополнительного бурения или геофизических исследований и ожидания результатов, скорость прогноза или перспективного ранжирования территории может быть велика, что создает преимуще-

ства для заинтересованных организаций в получении лицензий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Налимова Н. А., Ульмасвай Ф. С. Региональная и локальная геодинамика нефтегазоносных бассейнов/Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. — М.; Наука, 2000. — С. 47—52.*
2. *Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняков и др.; Отв. ред. Н. А. Логачев. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. — 256 с.*
3. *Разломообразование в литосфере. Зоны растяжения / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняков и др.; Отв. ред. Н. А. Логачев. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. — 222 с.*
4. *Разломообразование в литосфере. Зоны сжатия / С. И. Шерман, К. Ж. Семинский, С. А. Борняков и др.; Отв. ред. Н. А. Логачев. — Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма, 1994. — 257 с.*

ГЕОХИМИЯ

УДК 5 53.982:550.(021)

ВАНАДИЙ В НЕФТЯХ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИХ ДЕМЕТАЛЛИЗАЦИИ

П. А. Василенко, Д. Н. Нуkenов, С. А. Пунанова, К. И. Якубсон
(ИПНГ РАН)

На основе большого фактического материала рассмотрена проблема связи ванадия и никеля с компонентами и фракциями нефтей, а также основные методы извлечения ванадия из промышленно ванадиеносных нефтей.

Показано, что на данный момент не существует рентабельных, экологически безопасных методов деметаллизации сырых нефтей в местах добычи на этапе их подготовки к транспортировке.

Экономическая целесообразность работ по деметаллизации определяется как существенным уменьшением содержания ванадия в товарной нефти (деметаллизат), так и концентрированием ванадия в смолисто-асфальтеновых фракциях (металлизат).

Излагаются первые результаты нетрадиционной методики, разрабатываемой авторами на примере обогащенных ванадием нефтей месторождений Бузачинской группы поднятий Республики Казахстан и заключающейся в использовании вибрационных и кавитационных воздействий на нефть с последующим центрифугированием.

On the basis of major facts the problem of link of vanadium both nickel with components and fractions of naphthas, and also main present methods of extract of vanadium from industrially of vanadium-bearing naphthas surveyed.

Is exhibited, that at present there are no profitable, ecological safe methods of crude demetalization in places of extraction at a stage of their preparation to transporting.

The economic feasibility of spent operations on demetalization is determined as essential decrease of a contents of vanadium in stock-tank oil (demetalized oil), and concentrating of vanadium in tar-pyrobitumen fractions (demetalized oil).

It's set up the first outcomes of a nonconventional technique developed by the authors on an example of naphthas, enriched with vanadium, of Busachin group fields of Kazakhstan, both encompassing by usage of vibrational and cavitation effects on naphtha with the subsequent centrifuging.

Ванадий относится к числу важнейших стратегических металлов, уровень производства и потребления которых характеризует промышленный статус страны.

Содержание металлов в нефтях некоторых регионов сравнимо, а иногда превышает содержание металлов в промышленно разрабатываемых рудах. Извлечение ванадия из углеводородного сырья в последние годы выдвинулось в число важных и актуальных проблем мировой значимости. Доля получения оксида

ванадия из нефти и продуктов их переработки в развитых странах непрерывно растет и достигает 20...25 % от общего выпуска ванадия. Из-за высоких концентраций ванадия и серы нефть стала перспективным источником их получения, однако комплексная переработка нефти требует дополнительных технологических методик и сложного оборудования. К тому же наличие ванадия в сырой нефти способствует отравлению катализаторов процессов нефтепереработки и приводит