

УДК 553.98:629.78(470.1)

Юньфэй Цай

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА

Дешифрирование космических снимков является одним из наиболее прогрессивных методов изучения разрывной тектоники, особенно после появления космических изображений, обладающих высокой степенью разрешения, и специальных компьютерных технологий, позволяющих обрабатывать эти изображения с целью получения информации о детальном геологическом строении изучаемой территории. Космические снимки, обладая такими свойствами, как большая обзорность, объективность отображения характера поверхности Земли и естественная генерализация, дают тот материал, который позволяет наиболее полно и всесторонне оценить степень тектонической нарушенности земной коры [1].

В работе была использована мозаика космических снимков Landsat ETM, покрывающая всю территорию севера европейской части России. (“Landsat” — общее наименование серии американских автоматических искусственных спутников Земли для съемки ее поверхности.) Установленная на спутнике серии “Landsat-7” съемочная аппаратура — сканирующий радиометр “Enhanced Thematic Mapper Plus” (ETM+) — обеспечивает съемку земной поверхности в шести каналах с разрешением 30 м, в одном ИК-канале — 60 м и одновременно панхроматическую съемку с разрешением 15 м при ширине полосы обзора для всех каналов 185 км.

Специфика использования дистанционного зондирования при поисках месторождений нефти и газа обусловлена тем, что нефтегазоносные территории представляют собой осадочные бассейны со слабо дислоцированным чехлом большой мощности. Ловушки углеводородов приурочены, как правило, к глубоким горизонтам осадочного чехла и отражаются на поверхности через элементы и компоненты ландшафта.

Дешифрирование космических снимков базируется на геоиндикационной концепции о взаимосвязи всех компонентов ландшафта. Ландшафтные элементы и компоненты как результат взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов содержат информацию о структуре, составе и состоянии глубинных геологических объектов, являясь их геоиндикаторами.

Изменения в характере распределения линейментов, мезо- и микроформ рельефа, структуры и состава поверхностных отложений и растительности над нефтяными залежами происходят под влиянием неотектонических движений блоков, уплотнения, проседания, трещинообразования пород, перекрывающих нефтегазовые резервуары, а также под воздействием мигрирующих от залежей флюидов.

Во многих нефтегазоносных бассейнах установлены закономерности в пространственном распределении

газонефтесодержащих структур и разрывных нарушений; все локальные поднятия и месторождения располагаются над или в непосредственной близости от активно развивающихся разломов, а частично в местах их пересечения. Разрывы служат каналами миграции флюидов, способствуют образованию трещинных резервуаров и органогенных ловушек, часто экранируют залежи, предохраняя их от разрушения, и в то же время иногда выступают как разрушители залежей [2—4]. Поэтому изучение разрывов является одним из важнейших вопросов геологии нефти и газа.

Процесс дешифрирования Тимано-Печорского бассейна состоял из ряда этапов и включал обработку отдельных каналов снимков с выявлением эталонов, визуальное дешифрирование, автоматизированное дешифрирование с последующей визуальной интерпретацией. При этом предпочтение отдавалось визуальному дешифрированию, поскольку только оно позволяло максимально учесть техногенный фактор. В результате была получена первичная карта линейментов с выделением линейных, кольцевых и дуговых элементов, имеющих различную природу: микро- и макрорельеф, элементы гидросети, тип растительности, влажность почв и т.д.

Для получения дополнительной информации был проведен анализ цифровой топографической основы. Изучались гидрографическая сеть и современный рельеф. Результатом работы стало построение схем линейментов, установленных с помощью анализа гидросети и рельефа. На завершающей стадии первичного дешифрирования была построена обобщающая карта линейментов для территории севера европейской части России. Анализ этой карты показывает, что линейменты формируют блоки и зоны различных направлений, форм и размеров. Кроме того, было выполнено сопоставление результатов дешифрирования с картой крупнейших установленных геологических разломов, проведено сопоставление с тремя структурными поверхностями: поверхностью фундамента, кровлей нижнепермских отложений, подошвой четвертичных отложений, а также со схемой расположения месторождений нефти и газа. В результате была получена подробная картина тектонической раздробленности территории европейского севера России.

Следующий этап изучения Тимано-Печорского бассейна — проведение статистической обработки карты линейментов. Статистическая обработка схем дешифрирования позволяет получить скрытую информацию, касающуюся закономерностей пространственного распределения линейных структур. Традиционно она включает построение роз-диаграмм и определение удельной

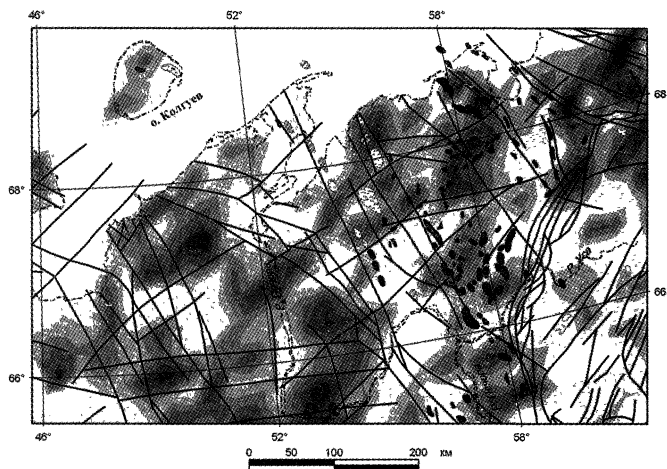


Рис. 1. Карта плотностей линеаментов северо-западного простирания с нанесенными крупнейшими доказанными разрывными нарушениями северной части Тимано-Печорского бассейна

плотности выбранных линеаментов на единицу площади. Эти параметры позволяют выявить участки земной коры, имеющие значимое отличие в характере блоковой делимости и, что, по-видимому, особенно важно, оконтурить участки наиболее раздробленные, а следовательно, и наиболее проницаемые. Статистический линеаментный анализ был проведен с помощью специального программного обеспечения, выполненного на базе геоинформационной системы ArcView. В результате исследований было установлено следующее.

Во-первых, западная часть рассматриваемой территории характеризуется зонами повышенных значений плотности линеаментов, имеющих преобладающую северо-западную ориентировку, в центральной части простирание таких зон линеаментов субмеридиональное, а в восточной части в большинстве случаев простирание зон с повышенными значениями плотности линеаментов северо-восточное. Таким образом, отчетливо выделяются три участка, которые соответствуют крупнейшим тектоническим элементам: Мезенской синеклизе, Тиманскому кряжу и Печорской синеклизе.

Во-вторых, на территории Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна большинство месторождений расположено на участках с относительно низкими значениями плотности линеаментов. Тем не менее на севере территории большинство месторождений находится в пределах участков, где плотность линеаментов имеет максимальные значения, хотя в южной части подавляющее большинство месторождений примыкает к местам с низкими значениями плотности.

В-третьих, если сопоставить карту плотностей линеаментов с крупнейшими доказанными разрывными нарушениями, оказывается, что районы с аномально высокой плотностью линеаментов совпадают с местами пересечения разломов. Можно выделить четыре основные системы разломов: северо-западную, северо-восточную, субширотную и субмеридиональную. При пересечении эти системы образуют ячейки различной формы. Отметим, что в Тимано-Печорском бассейне

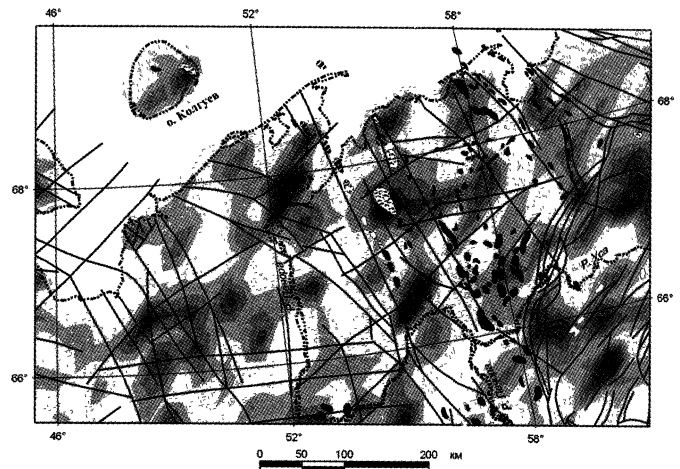


Рис. 2. Карта плотностей линеаментов северо-восточного простирания с нанесенными крупнейшими доказанными разрывными нарушениями северной части Тимано-Печорского бассейна

большинство разломов имеет северо-западное простирание, в то время как простирание зон с повышенными значениями плотности линеаментов — северо-восточное (рис. 1). Такое сочетание пространственного расположения линейных структур чаще всего формируется при комбинации сдвиговых и сжимающих нагрузок, т.е. в условиях транспрессии.

В-четвертых, на рисунке плотности линеаментов северо-западного простирания (рис. 1) месторождения приурочены к зонам повышенных значений плотности, а на рисунке распределения плотности линеаментов северо-восточного простирания (рис. 2) ситуация обратная — большинство месторождений находится на участках с пониженными значениями плотности линеаментов. Такая же ситуация и на рисунке плотности линеаментов субширотного простирания (рис. 3). Месторождения приурочены к зонам повышенных значений плотности, а на рисунке распределения плотностей линеаментов субмеридионального направления (рис. 4) видна противоположная ситуация — большинство месторождений приурочено к участкам с пониженными значениями плотности линеаментов.

Карты плотности линеаментов послужили отправным материалом для выявления статистической связи с газонефтеносностью рассматриваемой территории. Изучение этого влияния проводилось путем оценки вероятности встречи месторождений разного типа в зависимости от плотности линеаментов разной ориентировки. Значения вероятности рассчитывались как отношение площади месторождений, находящихся внутри выбранного интервала плотности линеаментов (S_{lin}), к общей площади, занятой этим интервалом (S_n) в пределах территории Тимано-Печорского бассейна:

$$P = S_{lin} / S_n.$$

Важно, что этот параметр не зависит от характера распределения значений интервалов плотности линеаментов по площади и, следовательно, является более объективным. Величина P в общем случае показывает вероятность встречи выбранного типа месторождений

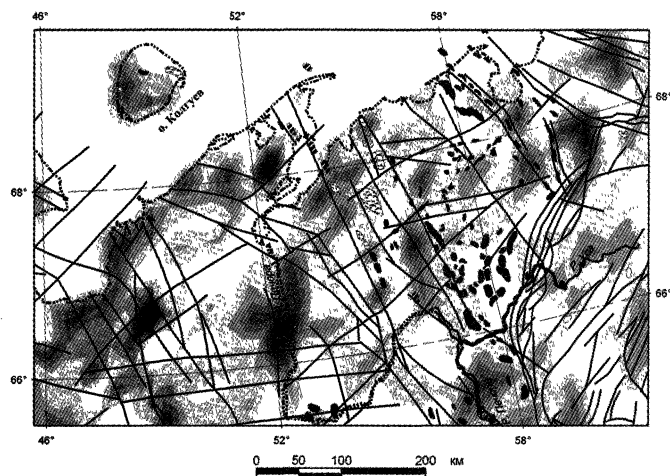


Рис. 3. Карта плотностей линеаментов субширотного простирания с нанесенными крупнейшими доказанными разрывными нарушениями северной части Тимано-Печорского бассейна

внутри площади, занятой анализируемым интервалом плотности линеаментов. Она может принимать значения от 0 (если в пределах площади, занятой данным интервалом, нет ни одного месторождения) до 1 (если площадь рассматриваемого интервала целиком занята месторождением). Представляется важным и то обстоятельство, что в случае, если рассматриваемый показатель не связан с распределением газонефтеносности, т.е. является величиной случайной, то значения P будут стремиться к константе. График зависимости в этом случае будет иметь вид горизонтальной прямой. Присутствие максимумов и минимумов позволяет предположить (при достаточной репрезентативности выборки) наличие определенной связи между рассматриваемыми параметрами, а также судить о статистическом виде этой связи.

Для выявления характера зависимости между плотностью линеаментов и размещением месторождений углеводородов разного типа были использованы данные о местоположении более 200 известных месторождений Тимано-Печорского бассейна. Значения вероятности встречи рассчитывались отдельно для нефтяных и газовых, газоконденсатных месторождений. Анализ полученных графиков подтверждает выявленные

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под. ред. А.В. Перцова, М., 2000.
2. Малышев Н.А. Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов Европейского Севера России. Екатеринбург, 2002.

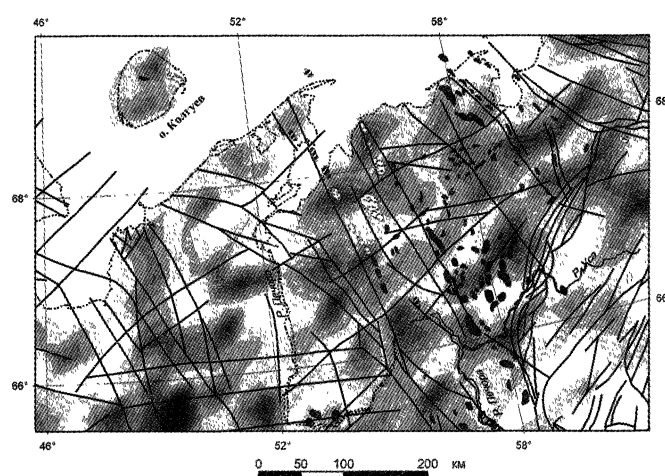


Рис. 4. Карта плотностей линеаментов субмеридионального простирания с нанесенными крупнейшими доказанными разрывными нарушениями северной части Тимано-Печорского бассейна

ранее различия в вероятности встречи месторождений разных типов в зависимости от плотности линеаментов, имеющих разные ориентировки. На представленных графиках хорошо видно, что для газовых и газоконденсатных месторождений наличие северо-восточных и меридиональных линеаментов является положительным фактором, а широтных и северо-западных — отрицательным. Для нефтяных месторождений ситуация обратная — повышение плотности северо-восточных и меридиональных линеаментов оказывает отрицательное влияние, плотности субширотных линеаментов — положительное.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующие выводы:

- во-первых, отчетливо устанавливаются различия в характере распределения газовых и нефтяных месторождений в зависимости от распределения линеаментов разного простирания, отдешифрированных с помощью космических снимков;

- во-вторых, выявленные закономерности позволяют провести вероятностное прогнозирование обнаружения месторождений разного типа с использованием в качестве поискового критерия результатов линеаментного анализа территории Тимано-Печорского бассейна.

3. Белонин М.Д., Прищепина О.М. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. СПб., 2004.

4. Рыжов И.Н. Неотектоника европейского Севера СССР. Л., 1988.