

- возможности установления отражения их ареалов в ландшафте аэрокосмическими методами // Прогнозирование структур осадочного чехла на основе комплексной интерпретации и обработки на ЭВМ аэрокосмических и геолого-геофизических данных. — М., 1990.—С. 21—33.
21. Мовчан Л. И., Каневский В. А., Семичаевский В. Д. и др. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях. — К.: Наук. думка, 1993.—305 с.
 22. Обиралов А. И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства. — М.: Недра, 1982.—145 с.
 23. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М.: Изд-во Моск.ун-та, 1993.—208 с.
 24. Перерва В. М. Вероятная природа линейных элементов, выявляемых аэрокосмическими методами // Геол. журн.—1999.—№ 1.—С. 66—76.
 25. Перерва В. М. Спутниковая информация в изучении флюидопродвижающих структур литосферы // Космічна наука і технологія.—1998.—4, № 2/3.—С. 126—132.
 26. Перерва В. М., Архипов А. И. Явление аномального изменения физиологии растений в зоне флюидогеодинимических структур литосферы // Доп. НАН України.—1999.—№ 10.—С. 111—114.
 27. Перерва В. М. Геоинформационный уровень ландшафтов в изучении геофлюидодинамических структур литосферы дистанционными методами // Науч. тр. Нац. Горной академии Украины.—2000.—1, № 9.
 28. Перерва В. М. Геофлюидодинамические структуры литосферы и современные ландшафты // Украинський географ. журн.—2000.—№ 4.—С. 12—18.
 29. Перерва В. М., Архипов А. И., Левчик Е. И. и др. Аэрокосмические исследования в решении нефтегазгеологической супер-задачи — прямом поиске залежей углеводородов // Науч. тр. Нац. Горной академии Украины.—1999.—2, № 7.—С. 67—71.
 30. Семириков Л. Ф., Завьялова Н. С. Влияние нефтяных загрязнений на изменчивость популяции канареечника тростниковидного (*Phalaris arundinacea*) // Экология.—1990.—№ 2.—С. 31—34.
 31. Угрехелидзе Д. Ш. Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводородов в растениях. — Тбилиси: Мецниерба, 1976.—222 с.
 32. Шульгин И. А. Морфологические приспособления растений к свету. — М.: Изд-во МГУ, 1963.—74 с.
 33. Allen W. A., Gausman H. W., Richardson F. J. Willstatter — Stoy theory of leaf reflectance evaluated by ray tracing // Appl. Opt.—1973.—N 12.—P. 2448—2454.
 34. Gausman H. W., Cardenas R. Light reflectance by leaflets of pubescent, normal and glabrous soebeen lines // Agron. J.—1973.—65, N 7.—P. 837—838.
 35. Goetz A. F. H., Rowan L. C. Geologic remote sensing // Science.—1981.—211, N 4484.—P. 781—791.
 36. Grant L. Diffuse and spectral characteristics of leaf reflection // Remote Sens. Environ.—1987.—22, N 2.—P. 309—322.
 37. Labovitz M. L., Masuoka E. J., Bell R., et al. The application of remote sensing to geobotanical exploration for metal sulfides — results from the 1980 field season at Mineral // Econ. Geol.—1983.—78, N 4.—P. 750—760.

Прогнозирование зон развития вторичных коллекторов по спутниковым данным

В. М. Перерва, Т. И. Костина

Центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины, Киев

Геологическая и экономическая эффективность процессов поиска, разведки и, в особенности, разработки месторождений многих полезных ископаемых связаны с характером коллекторских свойств вмещающих пород и продуктивных горизонтов (месторождения нефти и газа, рудных полезных ископаемых, термальных, бальнеологических, питьевых и минеральных вод, алмазов и некоторые другие). При решении многих инженерно-геологических задач информация о зонах развития процессов разуплотнения пород, их вторичных изменениях, миграции по таким зонам пластовых и глубинных флюидов, как жидких, так и газообразных, нередко имеет первостепенное значение. Указанные зоны часто играют роль участков локализации процессов разрядки геодинамических напряжений в литосфере и поэтому представляют нередко серьезную сейсмическую опасность. Одним словом, речь идет об изучении весьма важных геологических процес-

сов и формируемых ими структур в теле литосфере. Попытки создания методов эффективного изучения зон разуплотнения и развития вторичных высокопроницаемых коллекторов предпринимались ранее, предпринимаются и сейчас. Пожалуй, главным из направлений создания таких методов следует назвать геофизическое. К сожалению, приходится констатировать, что до настоящего времени такой методики этого направления нет. Попытки решать задачу сейсмическими методами, методами высокоточной гравиметрии и магнитометрии, по крайней мере в пределах нефтегазоносных территорий, не дали ощутимого положительного результата. Так, попытки заложения эксплуатационных скважин с ожидаемыми удовлетворительными суточными дебитами на Чернетчинско-Хухринском нефтяном месторождении по геофизическим данным не увенчались успехом, что в конечном итоге поставило в трудное положение сам процесс разра-

ботки месторождения ввиду его низкой эффективности. По всей видимости, тот же самый результат будет получен по площади Гашиновской, начало поисковых работ на которой ознаменовалось получением мощного притока углеводородов (УВ) в скважине № 1 (264 м³/сут), послужившего поводом очередной эйфории относительно высокого прогнозируемого углеводородного потенциала кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины. Причиной такого положения, без сомнения, станет факт отсутствия уверенной методики прогнозирования вторичных коллекторов и заложения как поисково-разведочных, так и в особенности эксплуатационных скважин без учета информации о развитии зон разуплотнения (вторичных высокопроницаемых коллекторов).

В отделе аэрокосмических исследований в геологии Центра аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины в последние годы также выполняются исследования по решению рассматриваемой проблемы. Исследования проводились применительно к ландшафтным и геологическим условиям Западно-Сибирской плиты и Днепровско-Донецкой впадины. По итогам исследований к концу 1998 г. была создана спутниковая технология изучения зон развития вторичных коллекторов, позволяющая проводить дифференциацию изучаемых площадей по степени проявления процессов разуплотнения пород.

Основу указанной спутниковой технологии составляет учение о так называемых геофлюидодинамических структурах литосферы (ГФДС) [1—4]. Имеющиеся к настоящему времени данные, полученные на основе аэрокосмических и геолого-геофизических исследований, позволяют сформулировать следующую модель их формирования и строения. Формирование ГФДС, как своеобразных структур литосферы, связывается с узлами пересечения вертикальных (субвертикальных) зон напряженно-деформированного состояния литосферы (ВЗНДС). Хотя природа этих образований во многом все еще остается не познанной, тем не менее их сущность в общем виде вырисовывается достаточно однозначно. Проекцией на земную поверхность (следом) ВЗНДС являются прямолинейные зоны, дешифрируемые на материалах аэрокосмических съемок как линеаменты.

Важнейшие свойства ВЗНДС, такие как прямолинейность следа на земной поверхности, большая протяженность этого следа, имеющего для низкоранговых линеаментов трансконтинентальный характер, отсутствие связи линеаментов с основными тектоническими зонами, закономерный характер развития линеаментов и другие, связаны с воздействием на Землю космогенных факторов [5—10], что, очевидно, и определяет планетарный характер

их развития. В зависимости от ранговой принадлежности ширина ВЗНДС на материалах космических съемок колеблется от 0.2 до 10—15 км.

В пределах ГФДС геофизические, геохимические и биохимические поля имеют, как правило, аномальный характер, что составляет физическую основу аномального изменения физико-химических и оптических свойств ландшафтов. Этот факт обеспечивает уверенное картирование ГФДС аэрокосмическими методами, которые в настоящее время являются по сути единственными в их эффективном изучении. Размеры ГФДС зависят от ширины формирующих их ВЗНДС и варьируют от 1 до 200 км (возможно и более). Структура ГФДС имеет ярко выраженный гетерогенный характер, заключающийся в чередовании участков низкой и высокой проницаемости. Последние как элементарные образования ГФДС названы нами очагами разуплотнения. Их размеры 300—400 м в поперечнике. Собственно с изучением очагов разуплотнения, а не только в целом ГФДС, решается задача уверенного заложения высокодебитной скважины.

В формировании вторичных коллекторов, обладающих высокими фильтрационно-емкостными свойствами, принимают участие процессы тектонического разуплотнения и гидротермальных изменений пород под воздействием мигрирующих по зоне ГФДС гидротермальных растворов (замещение, выщелачивание). Причем, нередко процессы гидротермальных изменений пород играют наибольшую роль в формировании природного резервуара в сравнении с тектоническим фактором. Наиболее эффективно процессы гидротермальных изменений пород протекают при оптимальном соотношении физико-химических свойств гидротермальных растворов и петрофизических свойств вмещающих пород, следствием которого является формирование достаточно емких пустотных пространств (каверн, пустот). С такими условиями связаны наиболее высокие притоки пластового флюида и наиболее большие объемы накопленной добычи (от 500 т в сутки на некоторых месторождениях Западной Сибири, до 1000 т в сутки и более по ряду месторождений Ирана, Ирака).

Интенсивность и характер физико-химических процессов, развивающихся в пределах ГФДС в зоне фундамент — земная поверхность, обеспечивает высокий информационный уровень полезного сигнала, заключенного в спектральных характеристиках компонентов ландшафта и регистрируемого съемочными аэрокосмическими устройствами. Характер информации позволяет судить о пространственном размещении зон высокоемких коллекторов и интенсивности процессов разуплотнения.

Эффективность исследований связана с выбором оптимальных параметров съемки (сезона, времени

суток, разрешающей способности, как спектральной, так и геометрической, съемочного устройства, комплекса спектральных диапазонов съемки), а также программ компьютерной обработки спутниковой информации.

Говоря о сезоне съемки, нельзя не упомянуть о весьма интересном факте. На начальном этапе исследований, скорее по инерции подхода к методике аэрокосмогеологических исследований, чем в соответствии со строгими требованиями теоретической модели, анализу подверглись лишь материалы съемок летнего периода. Однако последующий анализ материалов весеннего сезона показал, что участки наиболее раннего схода снежного покрова связаны с ГФДС. Этот процесс обусловлен аномальным состоянием теплового поля в зоне ГФДС. Но этот признак, к сожалению, указывает лишь на общее положение ГФДС, не давая информации о его важном элементе — очаге разуплотнения, представляющего предмет анализа в прогнозировании зон разуплотнения.

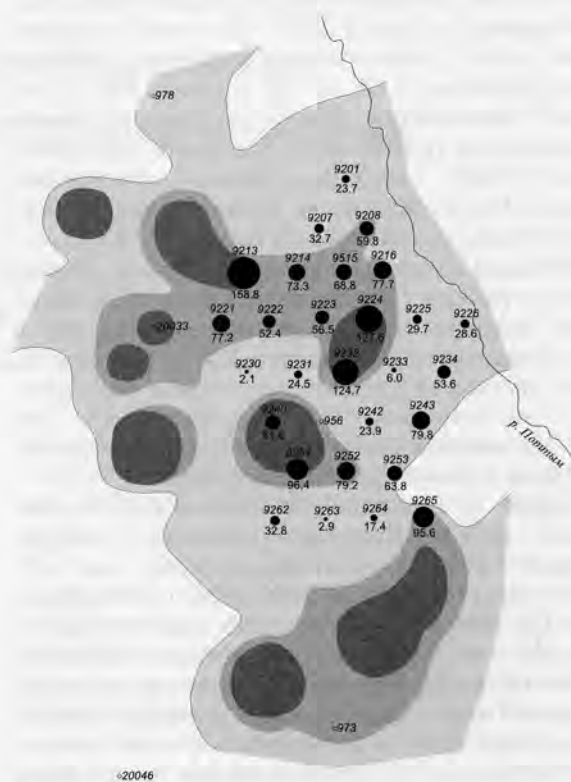
Наиболее информативными видами аэрокосмических съемок являются фотографическая интегральная, спектральная, а также многозональная съемка (диапазон 0.4—0.5 мкм).

Могла бы быть весьма информативной тепловая съемка, но для этой цели регистрирующие системы должны обладать высоким пространственным разрешением (не хуже 200 м).

В летнем сезоне наиболее информативными для ландшафтных и климатических условий Днепровско-Донецкой впадины являются материалы аэрокосмических съемок, выполненных в июле — августе. Это обстоятельство связано с наиболее благоприятными в этот период фазами вегетации древесной и травяной растительности, формированием наиболее ярких спектральных контрастов между фоном и ГФДС. Наибольшая трудность в изучении ГФДС создается в том случае, когда территория (поисковая площадь, участок, месторождение) представлена разнородными растительными фациями, в особенности если эти фации характеризуются значительными спектральными различиями.

Апробация спутниковой технологии к настоящему времени в производственном режиме выполнена на месторождениях Западной Сибири и Днепровско-Донецкой впадины. В Днепровско-Донецкой впадине апробация выполнена на Чернетчинско-Хухринском месторождении. На этом месторождении выполнялся опережающий испытание эксплуатационных скважин прогноз геодинамической ситуации, к которой соотносился ожидаемый суточный приток пластового флюида. Коэффициент подтверждения результатов прогноза, выполненного по 10 скважинам, составил 0.84.

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провин-



Результаты апробации методики прогноза вторичных коллекторов на площади Талинской (Западно-Сибирская НГП). Зоны развития вторичных коллекторов по степени проявления процессов разуплотнения пород: 1 — до 159 м³/сут, 2 — до 100 м³/сут, 3 — до 30 м³/сут; 4 — номер скважины и суточный дебит пластового флюида

ции апробация выполнена на площадях Каменной и Талинской. На площади Каменной с учетом результатов прогноза вторичных коллекторов пробурена одна скважина. При фоновых значениях суточных дебитов, равных в среднем 1—2 т, суточный дебит скважины, пробуренной по результатам прогноза, составил более 50 т. Как видно, на этой площади первая же пробуренная скважина подтвердила данные прогноза. На площади Талинской апробация носит более масштабный характер (рисунки). По результатам прогноза здесь пробурено 28 эксплуатационных скважин. Испытаниям подвергнуты продуктивные горизонты ЮК₁₀ и ЮК₁₁, залегающих в подошве тюменской свиты (горизонт ЮК₁₁ залегает на образованиях кристаллического фундамента). Это обстоятельство обеспечило наи-

более полное по сравнению с вышележащими горизонтами свиты проработку пород гидротермальными растворами в зоне ГФДС. На этой площади, если вне зоны разуплотнения суточный дебит в среднем составляет 10 т, то в зоне ГФДС он достигает практически 200 т, и, что не менее существенно, по сравнению с фоновыми скважинами в зоне ГФДС скважины работают фонтанным способом. Подтверждаемость прогноза по 28 эксплуатационным скважинам составила 85 %.

Наибольшим затрудняющим фактором в условиях болотно-таежных ландшафтов Западной Сибири является высокая степень их гидроморфности, в которых ландшафтные признаки ГФДС и в особенности их составных элементов — очагов разуплотнения в значительной мере вуализируется. Это требует применения специальных приемов обработки исходной космической информации.

Как видно из приведенных данных результатов апробации, разрабатываемая спутниковая технология эффективна как в геологическом, так и в экономическом отношении и является очень оперативной. Так, затраты по изучению одного квадратного километра исследуемой территории составляют 1000—1500 грн, а время исследований по одной осредненной нефтегазопроисследовательской площади составляет 8—10 месяцев, в экстренных случаях оперативное заключение по одной площади может быть подготовлено за 2—3 месяца.

Внедрение спутниковой технологии в производственном режиме при опосредованном поиске перспективных нефтегазопроисследовательских объектов и разработке залежей УВ в кристаллическом фундаменте Днепровско-Донецкой впадины послужит фактором успешности ввода промышленных скоплений УВ в разработку и, что наиболее существенно, фактором рентабельности разработки этих месторождений. Анализ эффективности, проведенной более чем по 500 скважинам месторождений Западной Сибири, показал, что количество высокодебитных скважин, пробуренных «вслепую», без учета информации о размещении зон высокопроницаемых коллекторов, не превышает 25 %, т. е. из четырех пробуренных скважин лишь по одной затраты являются оправданными. В этой ситуации нужно обратить внимание еще на одно важное обстоятельство. Природные резервуары кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины характеризуются преимущественно небольшими размерами, поэтому в условиях соотношения высокопродуктивных и низкопродуктивных (или же «сухих») скважин 1:4 без использования технологии прогноза коллекторов приведет (и вероятно уже приводит) к пропуску залежей, приуроченных к резервуарам указанного типа. Поэтому, не вдаваясь в дискуссию о проблематике промышленной нефтегазопроисводительности кристал-

лического фундамента Днепровско-Донецкой впадины, отметим лишь, что без прогноза зон развития вторичных коллекторов задачу оценки промышленной нефтегазопроисводительности указанных объектов и разработки залежей не решить.

Перспективы дальнейших исследований по рассматриваемому направлению связываются с совершенствованием спутниковой технологии прогнозирования высокопроницаемых коллекторов, более широкого внедрения этой технологии в подразделения топливно-энергетического комплекса Украины, апробации технологии в более широком спектре ландшафтных и геологических условий нефтегазопроисводительных территорий.

Совершенствование технологии предусматривает перевод всего процесса изучения зон развития вторичных коллекторов по спутниковым данным в автоматизированный режим, доработки рационального комплекса видов съемки, сезона и спектральных диапазонов.

Внедрение спутниковой технологии изучения зон развития вторичных коллекторов в практику поиска, разведки, и что наиболее существенно, разработки месторождений нефти и газа позволит ускорить и удешевить ввод в промышленную разработку тех месторождений, формирование природных резервуаров в которых связано с процессами разуплотнения пород.

1. Перерва В. М. Вероятная природа линеаментов, выявляемых аэрокосмическими методами // Геол. журн.—1999.—№ 1.—С. 66—76.
2. Перерва В. М. Спутниковая информация в изучении флюидопроводящих структур литосферы // Космічна наука і технологія.—1998.—4, № 2/3.—С. 126—132.
3. Перерва В. М. Геоинформационный уровень ландшафтов в изучении геофлюидодинамических структур литосферы дистанционными методами // Науч. тр. Нац. Горной академии Украины.—2000.—1, № 9.—С. 55—60.
4. Перерва В. М. Геофлюидодинамические структуры литосферы и современные ландшафты // Украинский географ. журн.—2000.—№ 4.—С. 12—18.
5. Афанасьев Н. С., Башилов В. И., Брюханов В. Н. и др. Космогеология СССР. — М.: Недра, 1987.—240 с.
6. Баренбаум А. А. Роль космогенного фактора в геодинамике // Напряжения в литосфере (глобальные, региональные, локальные): Тез. докл. Первого междунар. семинара (Москва, сентябрь, 1994). — М., 1994.—С. 13.
7. Белов Н. И. О природе горизонтальных напряжений и влиянии космических факторов на реализацию горных ударов и землетрясений // Напряжения в литосфере (глобальные, региональные, локальные): Тез. докл. Первого междунар. семинара (Москва, сентябрь, 1994). — М., 1994.—С. 17—18.
8. Буш В. А. Система трансконтинентальных разломов Евразии // Геотектоника.—1983.—№ 3.—С. 15—31.
9. Тяпкин К. Ф. Физика Земли: Учебник. — К.: Вища шк., 1998.—312 с.
10. Чебаненко И. И. Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры (на примере Украины). — Киев: Наук. думка, 1977.—84 с.