

УДК 528.8.003:553.98

Спутниковая информация в изучении флюидопроводящих структур литосферы

В. М. Перерва

Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН Національної академії наук України, Київ

Надійшла до редакції 05.09.97

На прикладі деяких регіонів (Чорне море, Західний Сибір) показана роль супутникової інформації в ефективному вивченні флюїдопровідних структур літосфери. Важливість вивчення вказаних структурних утворень літосфери зумовлена великою їх роллю у розвитку багатьох геологічних, геоморфологічних та геофізичних процесів (розташуванні родовищ корисних копалин, розвитку ерозійних процесів і формуванні окремих форм рельєфу, геопатогенних зон та ряду інших. Для ефективного використання супутникової інформації у вирішенні важливих практичних і наукових завдань необхідна розробка технологій її використання на рівні фундаментальних та прикладних досліджень.

Дистанционное зондирование Земли космическими аппаратами в различных зонах спектра электромагнитных колебаний является, как показывает более чем 20-летний опыт, весьма эффективным методом изучения важнейших природных и техногенных процессов, позволяющим получить информацию, ранее не известную ряду отраслей науки.

Например, только на основе спутниковой информации впервые была получена наиболее полная адекватная картина разломно-блоковой структуры литосферы, ее новейших и современных движений, развития флюидопроводящих структур. Это позволило более эффективно решать задачи нефтегазовой, рудной и инженерной геологии, сейсмологии (строительство и эксплуатация атомных электростанций, крупных гидротехнических сооружений, определение закономерностей размещения промышленных скоплений углеводородов и другие).

Существует мнение, что сегодня в решении научных и практических задач ограничивающим фактором выступает острый дефицит объема финансирования. Это так, но именно этот фактор обязывает вводить строгий режим экономии, принятия решений по тем или иным отраслевым проблемам лишь на научной основе, обеспечивающей получе-

ние оптимальных решений при минимальных финансовых затратах. В этой связи можно привести следующий пример. Затраты на бурение одной нефтегазопроисковой и разведочной скважины на глубину около 4 км в условиях Днепроовско-Донецкой впадины составляют около 3 млн грн. При недостаточной обоснованности продуктивности такая проектируемая скважина может по результатам бурения оказаться не продуктивной («пустой»), что нередко и происходит. В этом случае затраты оказываются неоправданными. Но в то же время космогеологическая наука располагает средствами оценки продуктивности проектных площадей и скважин, что позволяет в определенной мере исключить бурение «пустых» скважин и экономить средства. При этом затраты на оценку продуктивности объекта (скважины или площади) по спутниковым данным составляют 0.5 % от стоимости бурения скважины, т. е. около 15 000 грн.

Спутниковая информация позволяет рассматривать многие проблемы с новых научных позиций. Одним из ярких примеров этого в геологической науке является изучение флюидопроводящих структур литосферы. Научная и практическая значимость этой проблемы определяется той важной

ролью, которую играют флюидопроводящие структуры в развитии многих геологических процессов, и, что наиболее важно, в формировании месторождений полезных ископаемых [3]. Изучение этих структур дистанционными методами, определение при этом закономерностей их размещения позволяет оптимизировать процесс поиска месторождений полезных ископаемых, т. е. осуществлять процесс в оптимальном режиме, с использованием новейших технологий поиска [4].

Вопрос физической сущности флюидопроводящих структур, как своеобразных образований в литосфере является в настоящее время довольно сложным и неоднозначным. Ряд исследователей статус флюидопроводящих структур придают определенным морфогенетическим типам разрывных нарушений. Однако, как показали многочисленные спутниковые данные, позволяющие наиболее полно изучать линейную сеть планеты, рассмотрение флюидопроводящих структур лишь в качестве разрывных нарушений, и следовательно, с наличием обязательного условия разрывного нарушения — амплитуды перемещения слоев горных пород, является не полным, частичным. По ряду регионов (Северо-Западный шельф Черного моря, Днепровско-Донецкая впадина, Западно-Сибирская плита) установлено, что вертикальная миграция пластовых и глубинных флюидов отмечается в пределах линейных зон, не обладающих указанными качествами разрывного нарушения. В пределах таких линейных зон фактором, обеспечивающим формирование путей миграции флюидов, являются лишь процессы разуплотнения пород, без признаков разрывных нарушений. По этой причине многие линейные зоны, выявленные по данным спутниковой информации, не находят своего выражения на материалах сейсморазведочных работ.

Таким образом, нами под флюидопроводящими структурами понимаются линейные зоны разуплотнения пород, фиксируемые дистанционными методами в виде линейных зон. Развитие разрывных нарушений по этим зонам в хронологическом аспекте является последующим процессом, развивающимся избирательно по некоторым зонам разуплотнения. Формирование зон разуплотнения представляется, таким образом, как начальная фаза деформации литосферы, обуславливающая утрату ею качеств флюидоупора и снижение прочностных характеристик в пределах этих зон.

Флюидопроницаемость линейных зон разуплотнения (линейных зон) является одним из важных качеств, обуславливающих их выражение на материалах аэрокосмосъемок. Мигрирующие по ним жидкие и газообразные пластовые и глубинные

флюиды, достигая дневной поверхности, обуславливают аномальные изменения спектральных характеристик компонентов ландшафта (преимущественно растительности). В этой связи напрашивается небезынтесный вывод: не является ли факт широкого планетарного и закономерного развития линейных зон — зон разуплотнения и флюидопроницаемости литосферы следствием проявления процессов расширения планеты на современном этапе?

В наибольшей степени флюидопроницаемость литосферы проявляется в узлах пересечения зон разуплотнения — геодинамических узлах.

На основе изучения информации по дистанционному зондированию исследуемых территорий впервые удалось получить изображение (космический портрет) геодинамических узлов как флюидопроводящих структур литосферы (рис. 1). Если ранее пространственное положение этих структур определялось графически на участке пересечения дешифрированных линейных зон, что не является обязательным признаком геодинамического узла как флюидопроводящей структуры, то на основе целенаправленного изучения материалов аэрокосмосъемок с использованием геоиндикационных признаков флюидопроводящих структур их положение и опознание выполняется наиболее достоверно. Более того, удается определить не только пространственное положение флюидопроводящей структуры, но и, что весьма важно, ее строение.

Так, в приведенном примере (рис. 1) флюидопроводящей структуры (геодинамического узла), расположенной в районе Тендровской косы (Северо-Западный шельф Черного моря), отчетливо прослеживается гетерогенный характер этого образования. Обусловлен он чередованием участков высокой и низкой флюидопроницаемости литосферы в зоне геодинамического узла. Участки высокой проницаемости пород получили название очагов разуплотнения [4]. Как видно, определение обобщенного контура флюидопроводящей структуры, без определения ее внутреннего строения (положения очагов разуплотнения) не решает задачи требуемого изучения флюидопроводящих структур и определения их практического значения (прогнозирование участков развития вторичных коллекторов и другие). Эта задача наиболее важна для тех регионов, в которых обнаружены промышленные скопления углеводородов, связанные с вторичными коллекторами в образованиях кристаллического фундамента и прилегающих отложениях осадочного чехла (месторождения Чернетчинско-Хухринское, Юльевское и некоторые другие в Днепровско-Донецкой впадине).

Получение ландшафтного изображения геодина-

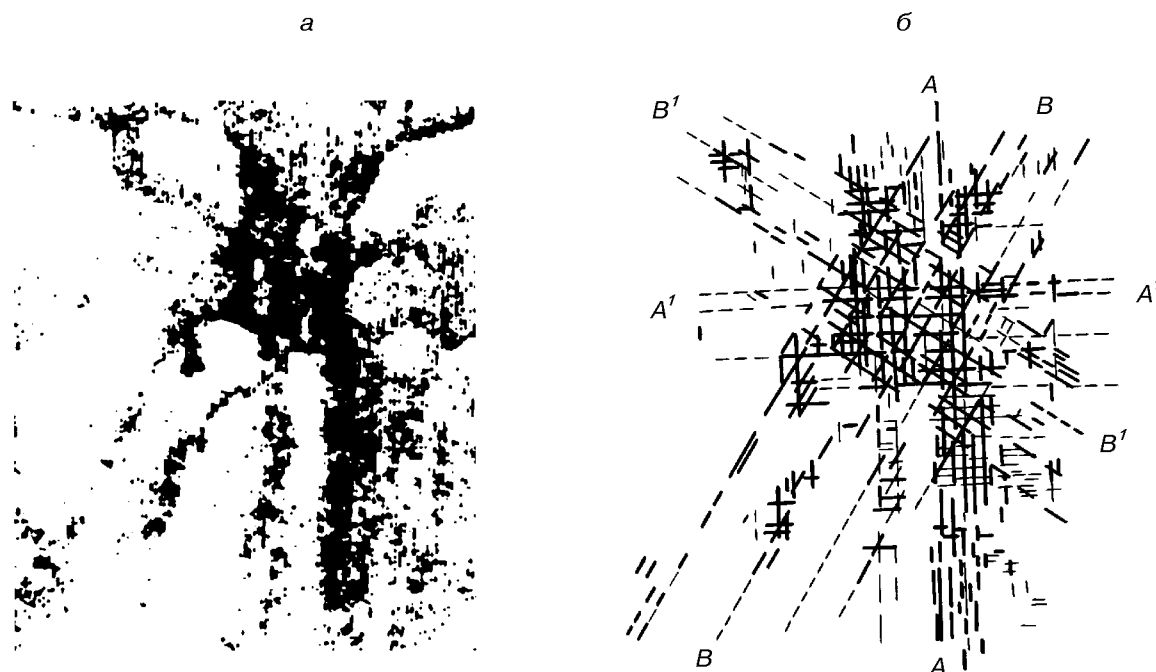


Рис. 1. Космическое изображение (а) и схема дешифрирования геодинамического узла (б) (Северо-Западный шельф Черного моря, район Тендровской косы)

мических узлов, а впервые это удалось выполнить на космических изображениях морского дна, где, как уже отмечалось, отсутствуют техногенные факторы, развиты иные, более благоприятные физико-химические условия ландшафтов по сравнению с сушей. Это обеспечивает лучшую сохранность в облике ландшафта морфогенетической связи последних с геологической структурой, позволяет отчетливо проследить связь геодинамических узлов с линейными зонами разуплотнения в литосфере либо с разрывными нарушениями, осложняющими эти зоны. На рис. 1, б видна связь геодинамического узла с двумя наиболее выраженными ($A-A^1$) тектонопарами (одна образована меридиональной и широтной зонами, другая — двумя диагональными ($B-B^1$)).

Важным вопросом в проблеме изучения геодинамических узлов как флюидопроводящих структур литосферы является определение характера физико-химических процессов и геофизических полей, развивающихся в зоне этих структур. Известно, что в большинстве случаев они имеют аномальную характеристику, обуславливающую формирование определенных, характерных лишь для флюидопроводящих структур, а поэтому имеющих признак геоиндикации, форм современного ландшафта (как для подводных ландшафтов, так и для суши).

Пожалуй, основными факторами, обуславливающими ландшафтное выражение флюидопроводящих структур литосферы, являются геодинамические и флюидодинамические процессы, развивающиеся аномально в пределах этих структур.

Геодинамические процессы, формирующие флюидопроводящие структуры, характеризуются аномальным проявлением вектора растяжения в поле напряжений литосферы, что приводит к разуплотнению пород в пределах этих аномальных участков и, как следствие, последующему развитию флюидодинамических процессов.

Флюидодинамические структуры обуславливают гидродинамическую связь природных резервуаров различных гипсометрических и стратиграфических уровней литосферы, а также горизонтов верхней мантии.

В современном рельефе суши флюидодинамические структуры обуславливают развитие характерных форм. Наиболее ярко они проявляются в пределах равнинных территорий. В качестве примера рассмотрим форму ландшафтного выражения геодинамического узла (флюидопроводящей структуры) на площади Каменной Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (рис. 2). На этой площади в зоне геодинамического узла можно наблюдать развитие характерных ландшафтных микро-

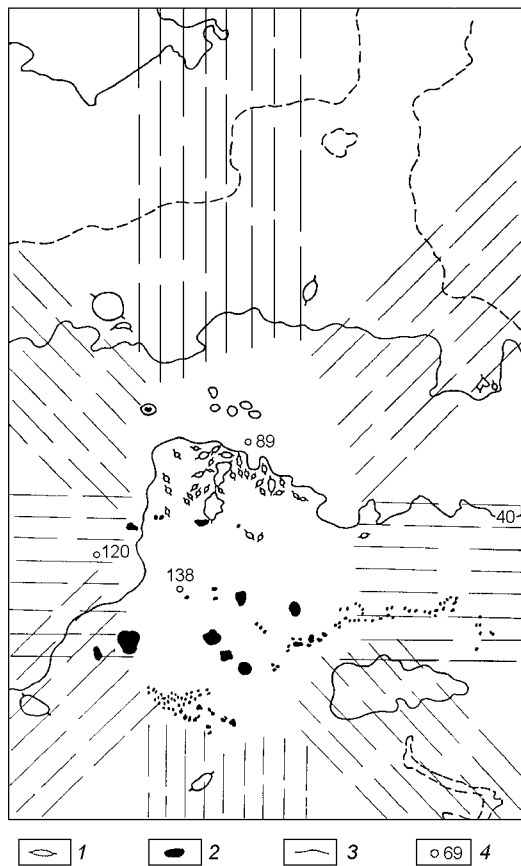


Рис. 2. Форма ландшафтного выражения геодинамического узла на площади Каменной Западно-Сибирской нефтегазосной провинции: 1 — микровозвышенность, 2 — озера, 3 — горизонталь рельефа, 4 — скважина и ее номер

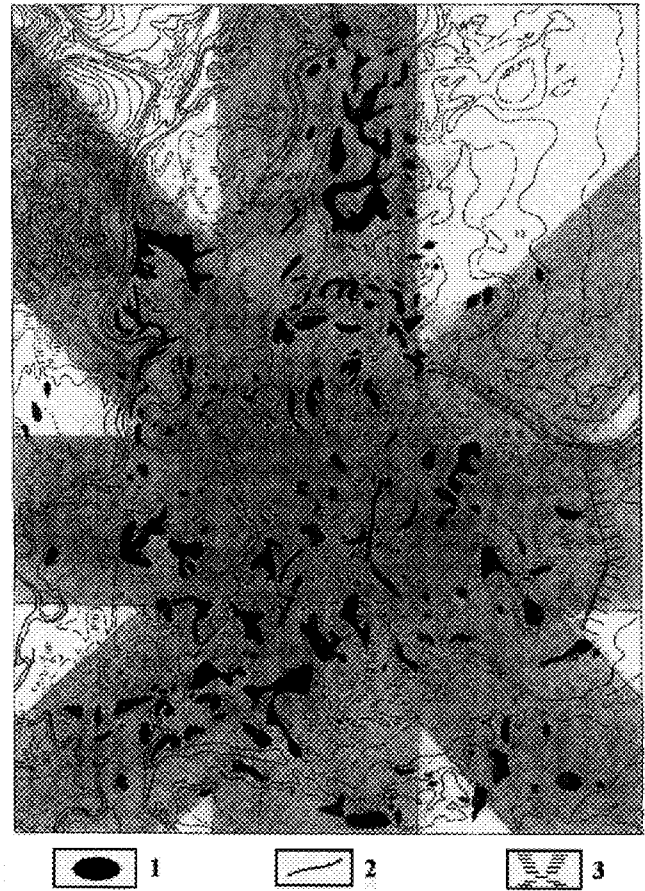


Рис. 3. Форма ландшафтного выражения геодинамического узла на площади Хухрянской Днепро-Донецкой впадины: 1 — микроформы рельефа, 2 — горизонталь, 3 — участки повышенного увлажнения

форм: отдельных небольших возвышений. При этом весьма характерно, что длинные оси микровозвышенностей ориентированы в направлении того или иного разрывного нарушения, участвующего в формировании флюидопроводящей структуры. На фоне спокойного равнинного рельефа площади отчетливо проявляется аномальное изменение характера рельефа. Причем, как видно, формируются не только положительные, но и отрицательные микроформы (мелкие озера). Их формирование обусловлено аномальным проявлением на этом участке площади процессов разуплотнения антропогенных отложений, их повышенной гидроморфности, развитием процессов выноса вещества из зоны геодинамического узла. Примечательно, что ориентировка длинных осей этих озер подчинена той же закономерности, что и осей микровозвышенностей, т. е. в соответствии с простираем того или

другого разрывного нарушения. Как видно, немаловажную роль играют процессы разуплотнения и последующие обусловленные ими явления в приповерхностных отложениях в формировании озер Западно-Сибирской низменности и других территорий. За счет тектонической деструкции пород, их разуплотнения и последующего выноса вещества происходит развитие процессов карстообразования. В случае приуроченности современных береговых линий крупных озер и морей к геодинамическим узлам нередко наблюдается формирование мелких заливов, бухт (бухты района г. Севастополя и другие).

Практически однотипный характер выражения флюидопроводящих структур можно наблюдать в Днепро-Донецкой впадине (рис. 3), характеризующийся иными ландшафтными условиями по сравнению с Западно-Сибирской низменностью. В

этом регионе также на участках флюидопроводящих структур отмечается аномальный характер изменения общего рисунка рельефа: появление по сравнению со смежными участками мелких форм рельефа (микровозвышенностей, микрозападин), ориентированных также в направлении развитых здесь разрывных нарушений, сформировавших флюидопроводящую структуру. Как видно, в зоне флюидопроводящей структуры в силу развивающихся в ее пределах аномальных физико-химических процессов происходит формирование характерных черт рельефа, свойственных лишь флюидопроводящим структурам (геодинамическим узлам). Эти черты, или ландшафтные признаки, уверенно дешифрируются на материалах аэрокосмических съемок, создавая основу геоиндикации флюидопроводящих структур.

Выше отмечалось, что в условиях подводных ландшафтов в силу резкого отличия физико-химических процессов, воздействующих на современный рельеф, по сравнению с сушей, наблюдается значительное отличие степени выражения геодинамических узлов на материалах космических и воздушных съемок. В условиях морской среды, благоприятствующей некоторой консервации форм рельефа, сохраняются в первозданном облике многие разновеликие морфоструктуры, не сохраняющиеся или значительно видоизмененные на суше (уступы тектонической природы, мелкие горсты, грабены и другие). Это обстоятельство, как уже отмечалось, способствует более полному выражению геодинамических узлов в современном рельефе морского дна и более углубленному их изучению аэрокосмическими методами.

Более полное выражение геодинамических узлов на космофотоизображениях морского дна позволяет более уверенно проследить контролируемую роль тектонического фактора и сопутствующих ему процессов в формировании как в целом береговой линии Черного и Азовского морей, так и более мелких прибрежных форм рельефа (кос, заливов, бухт и т. п.).

В настоящее время существует несколько концепций формирования кос этих акваторий, дискуссионным вопросом в которых является роль тектонического фактора. Рядом исследователей роль этого фактора отрицается полностью. По нашему мнению, формирование этих кос обусловлено воздействием суммы факторов, имеющих различную природу (тектоническую, гидрофизическую и другие), т. е. их формирование является следствием сложного взаимодействия и взаимообусловленности большого ряда процессов, развивающихся как в литосфере, так и в морской среде.



Рис. 4. Схема геодинамической ситуации на участке косы Обиточной в Азовском море (по материалам космической съемки)

Рассмотрение этого вопроса связано не только с научной, но и с практической значимостью вопроса формирования кос (например, изучение проблемы равновесного состояния экосистемы азово-черноморского региона).

Так, нашими исследованиями было установлено, что все косы как Азовского, так и Черного морей располагаются в пределах геодинамических узлов и образующих их разломов. Наглядно эта ситуация, в частности, просматривается в пределах косы Обиточной (рис. 4). Как для этой, так и для других кос, характерным в их конфигурации является наличие четко обозначенной расширенной головной части косы и очень узкой полосы, соединяющей головную часть косы с материком. Этот признак конфигурации кос обусловлен расположением головной части косы в центральной части геодинамического узла, а остальной ее части, имеющей форму узкой полосы, — по периферии геодинамического узла, контролируемой в большей мере отдельными

разломами. Приуроченность косы к геодинамическому узлу обусловлена комплексом физико-химических процессов и геофизических полей, развивающихся в пределах указанных структурных форм литосферы. Эти процессы вызывают аккумуляцию обломочного материала на участках их наибольшего проявления и влияния на процессы разноса обломочного материала. Наиболее главными из этих процессов-факторов являются следующие.

Выполненными аэрокосмогеологическими и гидрофизическими исследованиями в Азовском и Черном морях установлены процессы вертикальной миграции пластовых и глубинных газообразных флюидов через толщу морских вод [2, 5]. Газовые струи пронизывают толщу морских вод от дна до поверхности. В зоне газовых струй плотность морских вод понижена. Как правило, указанные струи на морском дне приурочены к субвертикальным флюидопроводящим структурам литосферы (геодинамическим узлам). В зоне флюидопроводящих структур (геодинамических узлов и отдельных разрывных нарушений) в силу пониженной плотности морских вод происходит аномальная аккумуляция обломочного материала, разносимого вдольбереговыми морскими течениями (рис. 5).

Вторым фактором, контролирующим формирование песчаных образований в указанных акваториях, является аномальный характер некоторых геофизических полей в зоне как геодинамических узлов, так и отдельных разрывных нарушений. Так, исследованиями [1] установлен, например, факт аномального характера электростатического поля в зонах разрывных нарушений. Обломочный материал, попадая в зону аномального электростатического поля, подвергается процессам аномальной аккумуляции. По нашему мнению, так идет формирование кос Черного и Азовского морей. Указанная схема не исключает возможности воздействия на эти процессы и других факторов, однако рассмотренные факторы являются основополагающими. По этой схеме, вероятно, идет формирование не только песчаных кос, но и песчаных банок и других форм рельефа морского дна.

В условиях сложного гидрофизического режима указанных морей (штормы зимних и осенних периодов) сохранение кос обеспечивается преобладанием факторов созидания над факторами разрушения. Процессы, обусловленные указанными двумя группами факторов, развиваются одновременно, в постоянном противодействии.

Резюмируя вышеизложенное, заключаем, что в настоящее время спутниковая информация является одной из наиболее эффективных в изучении важнейших структурных образований литосферы

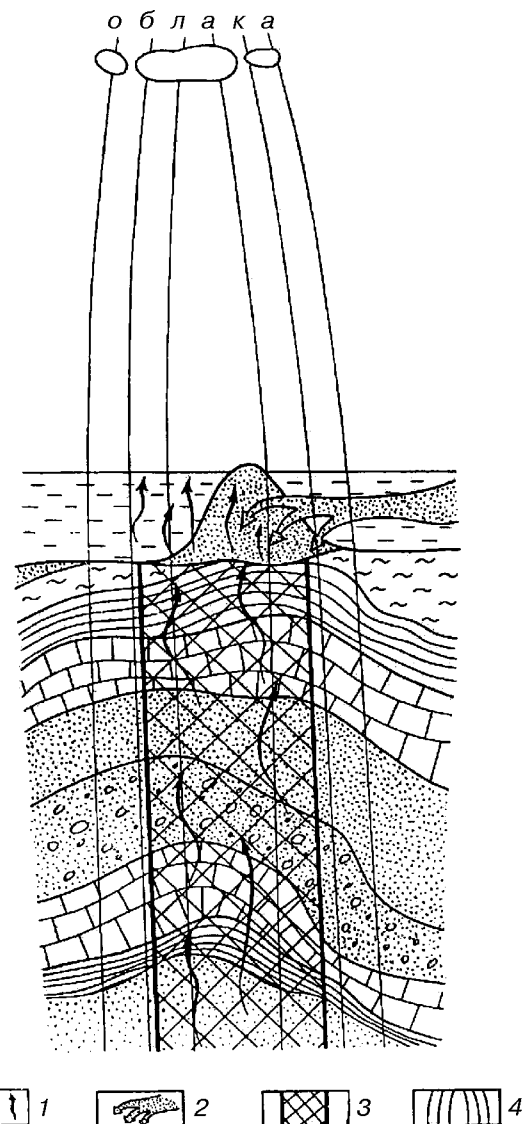


Рис. 5. Принципиальная схема воздействия флюидодинамических процессов и электростатического поля разломов литосферы на формирование кос Черного и Азовского морей: 1 — вертикальный миграционный поток пластовых и глубинных флюидов, 2 — направление разноса обломочного материала, 3 — зона глубинного разлома, 4 — схематизированные линии геофизических полей

— флюидопроводящих структур. Изучение флюидопроводящих структур дистанционными методами, как новое и важное научное направление, позволяет расширить знания о строении литосферы, эффективно использовать эти знания в научной и практической деятельности, познать новые процессы и явления в природе, и что не менее существ-

венно, — решать ряд практических задач с наименьшими затратами.

1. Пазинич В. Г. Геофізика явища еолової акумуляції. — Київ, 1994.—47 с.—(Препринт / Геопрогноз).
2. Перерва В. М. Аномалии температуры морской поверхности Черного моря как геоиндикаторы структуры земной коры и скоплений углеводородов // Геолог. журн.—1993.— № 6.—С. 46—52.
3. Перерва В. М. Флюїдопровідні структури літосфери та їх роль у формуванні родовищ корисних копалин // Мінеральні ресурси України.—1997.—№ 1-2.—С. 24—30.
4. Перерва В. М., Лялько В. И., Филиппович В. Е., Шпак П. Ф. Информация ИСЗ «Січ-1» в решении актуальных проблем нефтегазовой геологии // Космічна наука і технологія.—1996.—2, № 3-4.—С. 49—54.
5. Г. Г. Поликарпов, О. Г. Миронов, В. Н. Егоров и др. Молисмология Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1992.—304 с.

**SPACE INFORMATION IN THE INVESTIGATION
OF FLUID-CONDUCTING LITHOSPHERE STRUCTURES
AND SOME PROBLEMS
OF UPGRADING THE EFFICIENCY
OF ITS USE**

V. M. Pererva

The importance of space information in an efficient investigation of fluid-conducting lithosphere structures is demonstrated with the use of some regions (the Black Sea, Western Siberia) as an example. These lithosphere structures play a large part in the development of numerous geological, geomorphological, and geophysical processes (e. g., the location of mineral deposits, development of erosion processes, formation of certain relief formations and geopathogenous zones, etc. For the space information to be used efficiently in the solution of most important practical and scientific problems, the techniques of its application need to be developed at the level of fundamental and applied investigations.