

1. *Гаркаленко И. А., Никифорчук В. С., Михайлов В. М., Чекунов А. В.* Глубинное строение и основные особенности развития Северо-Западного сектора Черного моря и прилегающих районов // Сов. геология.— 1969.— № 8.— С. 74—80.
2. *Геологические* формации осадочного чехла Русской платформы / Ред. Н. С. Иголкина.— Л.: Наука, 1981.— С. 128—152. (Тр. ВСЕГЕИ; Т. 296).
3. *Геология СССР.* Т. 8. Крым. Ч. 1: Геологическое описание / Гл. редактор акад. А. В. Сидоренко.— М.: Недра, 1969.— 575 с.
4. *Геология и нефтегазоносность шельфов* Черного и Азовского морей / Отв. ред. Ю. Б. Казмин.— М.: Недра, 1979.— 212 с.
5. *Голубовский В. А.* Скифско-Туранская плита. Складчатые комплексы фундамента // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол.— 1983.— Т. 58, вып. 5.— С. 3—15.
6. *Ермаков Ю. Г.* К вопросу о тектонике Северного Причерноморья // Тектоника и стратиграфия.— Киев: Наук. думка, 1973.— № 6.— С. 52—59.
7. *Есипович С. М., Сулимов И. Н.* Особенности формирования меловых и домеловых отложений Каркинитского прогиба // Нефтегазовая геология и геофизика.— 1990.— Вып. 12.— С. 8—12.
8. *Ларченков Е. П.* Особенности флюидодинамического режима в бассейнах перикратонных опусканий // Флюидодинамический фактор в тектонике и нефтегазоносности осадочных бассейнов.— М.: Наука, 1989.— С. 58—64.
9. *Сулимов И. Н.* Геология Украинского Черноморья.— Одесса; Киев: Вища шк., 1984.— 126 с.
10. *Сулимов И. Н., Безверхов Б. Д., Есипович С. М.* Нижний мел северо-западного шельфа Черного моря по данным сейсмостратиграфии // Нефтегазовая геология и геофизика.— 1992.— Вып. 4.— С. 7—11.
11. *Чекунов А. В., Веселов А. А., Гилькман А. И.* Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба.— Киев: Наук. думка, 1976.— 218 с.

Одесский ун-т, Одесса
ГГП «Одесморгеология», Одесса

Статья поступила
02.09.92

Резюме

На підставі результатів комплексного аналізу палеогеографічних, літологічних та палеотектонічних особливостей розвитку регіону в крейдо-палеогенову епоху авторами виділено три великі субаквальні формації глинисто-теригенно-карбонатного складу з загальною потужністю 8000 м, які є сприятливими для утворення й накопичення вуглеводнів. Прогнозна оцінка чорноморського шельфу України пов'язується головним чином з розшуками нафтових флюїдів у нижньокрейдівій трансгресивній формації, а також з виявленням пасток вуглеводнів неструктурного типу.

Summary

Proceeding from the integrated lithological, paleogeographical, paleotectonical analysis of geological development of North-West Black Sea region for Cretaceous and Paleogene the authors have distinguished three large formations having total thickness up to 8000 m which are favourable for hydrocarbon generation and accumulation. Petroleum prospects of the Black Sea Ukrainian shelf are connected with oil-and-gas-bearing horizons in Low Cretaceous transgressive formation and large lithologic and stratigraphic traps.

УДК (551.463.6:550.814):(551.14:553.98)](262.5)

В. М. Перерва

Аномалии температуры морской поверхности Черного моря как геоиндикаторы структуры земной коры и скоплений углеводородов

По данным тепловой космической съемки установлены температурные аномалии морской поверхности Северо-Западного шельфа Черного моря, связанные с глубинными разломами и повышенными скоплениями углеводородов. Формирование температурных аномалий обусловлено процессами вертикальной миграции пластовых и глубинных флюидов. Указанные закономерности могут быть использованы в прогнозировании газовых залежей.

© В. М. ПЕРЕРВА, 1993

В последние годы в связи с совершенствованием методов дистанционного изучения Земли в различных зонах спектра электромагнитных колебаний получили более широкое развитие новые направления в науке — изучение причинно-следственных связей компонентов ландшафта с геологическими структурами и процессами, протекающими в земной коре. По сути дела, речь идет о передаче к дневной поверхности энергии различных физических полей земной коры (сейсмического, магнитного, гравитационного, теплового) и их влияния на формирование типов ландшафтов и закономерностей их изменения. Выделение и изучение в большом многообразии ландшафтных компонентов как элементов большой и чрезвычайно сложной системы тех из них, которые генетически связаны с геологическими структурами и процессами и которые в последнее время получили название геоиндикаторов, составляют основу аэрокосмогеологических исследований.

Геологическая эффективность этих исследований базируется на степени научной обоснованности их методологии и техническом совершенстве средств дистанционного изучения Земли. И если, например, в некоторых случаях имеют место факты недостаточно высокой геологической (или иной другой, если речь идет о применении аэрокосмических методов в сельском хозяйстве, лесной промышленности, экологии и других отраслях народного хозяйства) эффективности, то можно правомерно утверждать, что этот уровень эффективности обусловлен недостаточной научной обоснованностью методики аэрокосмических исследований, недостаточной проработкой геолого-геофизической и ландшафтной моделей. Не менее существенно рассмотрение этих исследований, с позиций системного анализа, как взаимосвязанных подсистем в общей сложной системе.

К настоящему времени аэрокосмогеологические исследования на суше получили чрезвычайно широкое распространение как в географическом аспекте, так и в различных направлениях деятельности человека, проникнув в самые различные сферы хозяйствования. Нарботанный опыт и сформированная научная база позволили довести геологическую эффективность аэрокосмогеологических исследований до высокого уровня. Например, успешность выявления нефтегазоперспективных структур по ряду нефтегазоносных провинций достигает 60—70 % (Днепро-Прияпская, Волго-Уральская и некоторые другие) [1].

В аэрокосмогеологических исследованиях на суше предмет изучения — геологические структуры познаются опосредованно, через ландшафтные компоненты. В качестве промежуточной среды, в большей или меньшей мере влияющей на исследовательский процесс, выступает атмосфера, и, таким образом, этот процесс охватывает трехкомпонентную систему: атмосфера, ландшафт и геологические структуры.

Значительно более сложным представляется процесс исследований при изучении геологических структур аэрокосмическими методами на шельфе. В этих условиях природная система дополняется четвертым элементом — водной средой. Последняя не только затрудняет, но в большинстве случаев делает невозможным прямое изучение ландшафтов. Таким образом, предмет изучения — геологическая структура вуализуется не одной опосредованной средой, как это имеет место на суше, а двумя, в число которых входит водная среда. Тем не менее, энергия некоторых физических полей довольно эффективно передается через вышеуказанные опосредованные среды (подводные ландшафты и водная среда) и достаточно уверенно фиксируется на морской поверхности средствами аэрокосмического зондирования Земли. Одним из таких полей является тепловое, и его выражение на земной поверхности в виде температурного поля.

Прежде чем перейти к рассмотрению связи теплового поля морской поверхности с геологическими структурами, дадим определение исследуемого теплового поля. В данной работе рассматриваются тепловые поля, генерируемые в верхней части земной коры и водной среды мигрирующими глубинными и пластовыми флюидами вследствие проте-

кающих эндотермических процессов при изменении термобарических условий на пути мигрирующего флюида. Указанные тепловые поля, развивающиеся фрагментарно, дополняют и осложняют общее тепловое поле морской поверхности.

В качестве примера рассмотрим один из участков шельфа Черного моря — Днестровско-Крымский сектор. Южная граница этого сектора ограничивается изобатой 150 м.

Тепловая съемка выполнена с искусственного спутника Земли (ИСЗ) NOAA-11 в диапазоне длин волн 10,8; 11,8 мкм. Пространственное разрешение съемочного устройства составляет 1,0 км, по радиационной температуре — 0,1 °С. Проведено четыре сеанса съемки в мае 1992 г. Съемка проводилась в предутренние часы (4—5 ч утра местного времени). Карты температурных полей морской поверхности для каждого сеанса съемки построены в виде изотерм по данным компьютерной обработки материалов съемки. Методически комплексная обработка карт изотерм заключалась в выделении на карте каждого сеанса съемки теплых и холодных полей. Понятие теплое или холодное поле базируется на следующем методическом решении: к категории холодных полей отнесены те, в которых наблюдается рост температур от центра поля к его периферии; для категорий теплых полей соотношение обратное. Температурный градиент между холодными и теплыми полями достигает 2—3 °С. Осевые линии всех тепловых полей каждого сеанса съемки сведены на единую карту. Последняя дополнена информацией о разломных структурах, фактической газоносности и антиклиналях, выявленных сейсморазведочными работами в мезокайнозойских отложениях (см. рисунок).

Общая оценка температурного поля Днестровско-Крымского сектора шельфа Черного моря показывает, что основные закономерности его дифференциации заключаются в следующем: по всем сеансам съемки устанавливается устойчивая тепловая аномалия, характеризующаяся наиболее низкими температурами (холодная аномалия) в районе антиклиналей Пограничной, Одесской, Съездовской, Безымянной. Аномалия ориентирована в субмеридиональном направлении. Центральная часть ее расположена в пределах антиклиналей Одесской и Пограничной. В западном и восточном направлениях от этой аномалии тепловые поля имеют иную ориентировку — преимущественно субширотную.

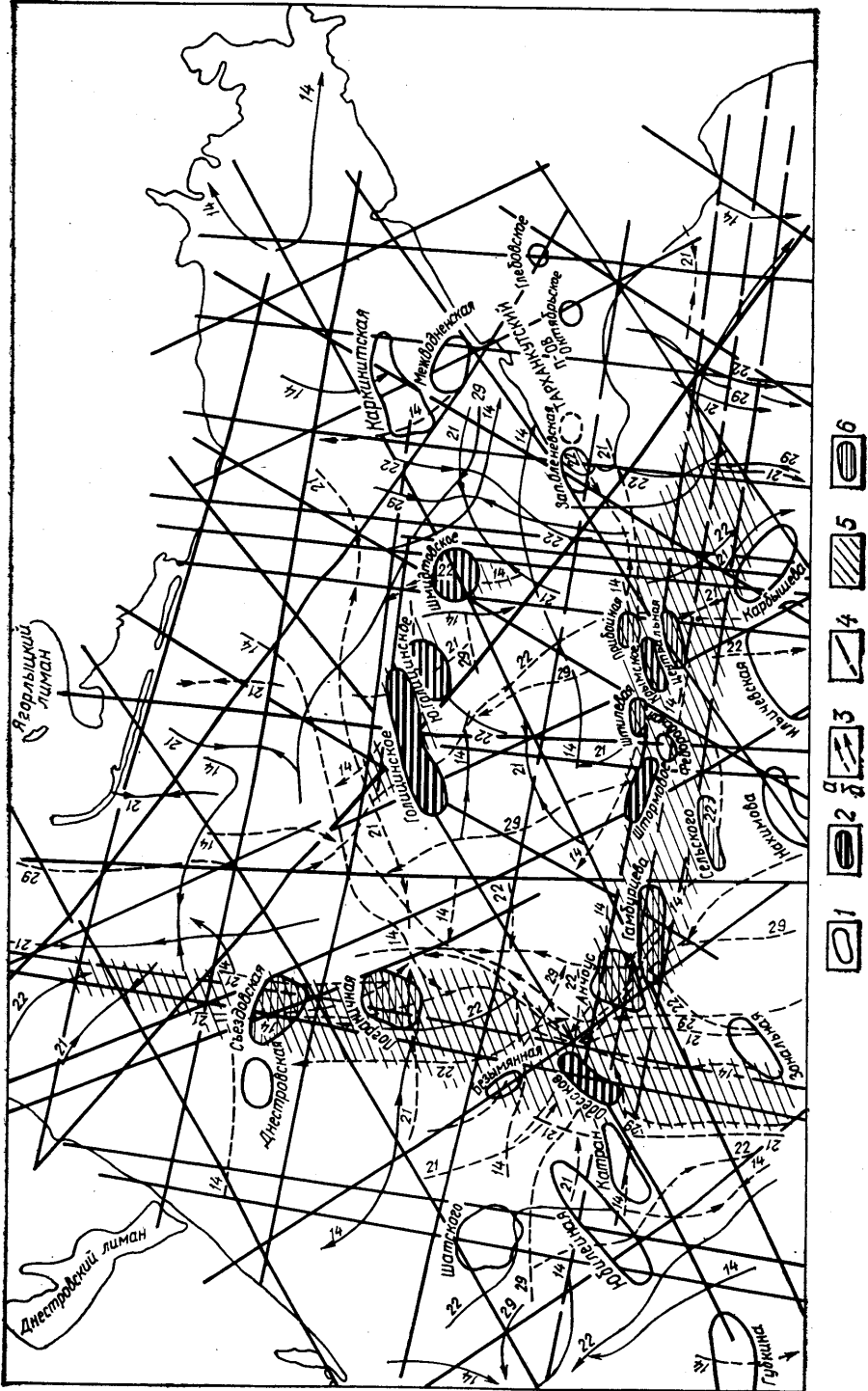
Теплые поля располагаются в основном в прибрежной зоне, вдаваясь в глубь шельфа в виде узких полос. При этом рост температур в пределах таких полей наблюдается в направлении береговой полосы. Указанный характер распределения температур позволяет считать, что эти температурные поля обусловлены выносом реками более теплых вод по сравнению с морскими. Они вносят определенное искажение естественного температурного поля поверхности морского бассейна. Исключением из этой закономерности являются тепловые поля в районе антиклинали Карбышева. Здесь рост температур наблюдается, напротив, в направлении от береговой полосы в глубь шельфа; холодное поле в этом районе приурочено к береговой зоне Тарханкутского п-ова (участок антиклинали Архангельского).

Важным в научном и практическом отношении является вопрос связи температурных полей морской поверхности с геологическими структурами и промышленными скоплениями углеводородов (УВ). В какой мере выражается влияние теплового поля, генетически связанного с флюидодинамическими процессами, на температурное поле морской поверхности, и если такое влияние есть, то возможно ли его фиксировать современными техническими средствами дистанционного зондирования Земли? Ответ на эти вопросы с определенной степенью достоверности и детальности можем найти при рассмотрении некоторых особенностей геологического строения региона и характера температурного поля поверхности моря.

С указанной целью прежде всего вновь обратимся к району антиклиналей Одесской, Пограничной и других близрасположенных. В этом

Соотношение тепловых полей морской поверхности и геологических структур шельфа Черного моря

1 — антиклинальные складки; 2 — газовые месторождения; 3 — осевые линии тепловых полей и дата съемки (май, 1992); а — холодных, б — теплых (стрелкой указано направление роста температур для теплых и снижения для холодных полей); 4 — разрывные нарушения; 5 — зоны холодных тепловых полей; 6 — газоперспективные структуры



районе холодное тепловое поле, ориентированное в субмеридиональном направлении, в плане совпадает с серией развитых здесь разрывных нарушений, отдешифрированных по материалам космических съемок. Разрывные нарушения, представляющие собой полосы шириной до 2 км, протянувшиеся через всю рассматриваемую территорию в субмеридиональном направлении, отвечают субмеридиональному глубинному разлому. Приуроченность холодного теплового поля к указанному глубинному разлому и устойчивое его пространственное положение на протяжении всех сеансов съемки (14.05; 21.05; 22.05 и 29.05. 1992 г.) позволяют сделать заключение о генетической связи этого теплового поля с указанным глубинным разломом. Вероятно, расположенное здесь же Одесское газовое месторождение генетически также связано с этим разломом.

Аналогичная ситуация наблюдается в районе антиклиналей Гамбурцева, Штормовой, Штилевой, Крымской, Прибойной и Центральной. Все они располагаются в зоне субширотного глубинного разлома и зафиксированного космической съемкой холодного поля той же ориентировки. В этой зоне антиклинали Штормовая и Крымская являются продуктивными, что можно рассматривать как факт, подтверждающий генетическую связь указанного температурного поля и промышленных скоплений УВ с единым процессом — вертикальной миграцией пластовых флюидов по зоне глубинного разлома. В связи с этим наибольший нефтегазопроисловый интерес представляют антиклинали Пограничная, Анчоус, Гамбурцева, Штилевая, Прибойная, Сельского и Центральная, где возможно обнаружение промышленных скоплений газообразных УВ.

В процессы вертикальной миграции в пределах исследуемого региона, как и в большинстве регионов альпийского геосинклинального пояса (Кавказ, Крым, Карпаты), вовлекаются не только пластовые, но и глубинные флюиды (как в газовой, так и в жидкой фазе). В пределах Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманского межпериклинального прогиба установлено присутствие в миграционном потоке, связанном с глубинными разломами, водорода, гелия, азота, серы, ртути, аргона и ряда других компонентов. Установлено развитие в пределах таких зон гидротермальной деятельности. В этой связи практический интерес в пределах глубинных разломов Днепровско-Крымского сектора шельфа Черного моря представляет поиск месторождений, связанных с гидротермальной деятельностью и миграцией газообразных УВ — скоплениями УВ в газогидратной форме в придонном слое и ловушках в разрезе мезокайнозоя и кристаллического фундамента.

В связи с установленными фактами участия в флюидодинамических процессах различных сернистых соединений (киновари, сероводорода и др.) представляется правдоподобной идея о глубинном источнике заражения черноморских вод сероводородом.

Формирование локальных холодных полей в поверхностном слое морской воды над глубинными разломами обусловлено эндотермическим характером процесса расширения газов, мигрирующих по зоне глубинного разлома, формирующегося или находящегося на современном этапе в условиях растяжения земной коры, а также эффектом газлифта, способствующего поднятию холодных придонных вод к поверхности моря.

В условиях сеймонапряженного состояния земной коры максимумы поля тектонических напряжений локализируются в узких линейных зонах либо концентрируются на ограниченных по площади ореолах. Разгрузка напряжений в этих зонах сопровождается формированием трещин отрыва, развитием процессов разуплотнения горных пород, что обуславливает в свою очередь формирование коллекторов порово-трещинного типа и своеобразных природных резервуаров. В этих зонах в результате вертикальной миграции глубинных флюидов, вступающих в физико-химическое взаимодействие с вмещающими породами, активно проявляются процессы вторичного изменения пород, наиболее существенными в нефтегазогеологическом отношении являются процессы раст-

ворения пород, их выщелачивания, замещения, повышающие в значительной мере коллекторские свойства отложений.

Изменение величины напряжений в таких зонах носит пульсационный характер и зависит как от факторов, относящихся к внутреннему состоянию Земли, так и факторов, порожденных взаимодействием Земли с другими планетами. Известно, например, предположение о разнотипной циркуляции вещества мантии в положениях перигалактия и апогалактия [2]. В этих экстремальных точках орбиты Солнечной системы во внешней оболочке Земного шара проявляются разноплановые тектонические деформации, обусловленные его полярным сжатием и растяжением. Например, по Припятской впадине, где проводились изучения современных движений земной коры инструментальными методами, зафиксированы в пределах таких зон суточные колебания плотности нефти по эксплуатационным скважинам, что вероятно связано с пульсационным поступлением глубинных жидких и газообразных флюидов, а также пластовых, залегающих на более низких гипсометрических уровнях.

Промышленные скопления УВ, расположенные в зоне влияния таких глубинных разломов или зон растяжения без видимого проявления разрывных деформаций (низкоамплитудные разрывные нарушения), на современном этапе могут периодически пополняться жидкими и газообразными УВ.

Выявление зон указанного сейсмонапряженного состояния земной коры является проблематичным и представляет важное не только научное, но и практическое значение. Как показали выполненные исследования, с такими зонами связано формирование своеобразных природных резервуаров нефти и газа, коллекторов, обеспечивающих получение высоких дебитов нефти и газа, развитие процессов формирования и преформирования скоплений УВ. С такими зонами связано также аномальное развитие эрозионных процессов, представляющих реальную угрозу потери пахотных земель (развитие оврагов, балок), поступление в артезианские бассейны и горные выработки поверхностных вод, загрязненных экологически опасными веществами, развитие карстов, суффозионных процессов. В условиях морских бассейнов одним из методов выявления таких зон, как своеобразной структуры земной коры, может служить тепловая съемка — и космическая, и воздушная. Космическая съемка по сравнению с воздушной имеет ряд преимуществ: возможность длительного наблюдения за изучаемым объектом, что весьма важно в условиях высокой подвижности морской среды, более низкие финансовые затраты. Но имеет место один недостаток: более низкое пространственное разрешение (не более 1 км для инфракрасной съемки). Для целей решения нефтегазопроисследовательских задач пространственное разрешение должно быть не хуже 150—300 м.

В целом это направление — использование материалов тепловых съемок, судя по полученным данным, является перспективным как в прогнозе продуктивности ловушек нефти и газа, так и фазового состояния УВ. Поэтому в научном и практическом отношении целесообразно эти исследования продолжить на уровне детальных работ, добываясь большей дифференциации теплового поля с целью получения характеристики тепловых полей не только в зонах нефтегазонакопления, но и на локальных нефтегазопроисследовательских объектах.

По другим районам Днестровско-Крымского сектора температурное поле морской поверхности имеет более сложную и неоднозначную характеристику. В пределах газовых месторождений Голицынского, Южно-Голицынского и Шмидтовского естественное температурное поле морской поверхности деформировано влиянием речных вод, выносимых с Тарханкутского п-ова. Тем не менее можно видеть, что указанные месторождения диагонально пересечены несколькими холодными полями. Ориентировка этих полей, вероятно, искажена влиянием речных вод, которое отражается не только на изменении ориентировки холодных полей над месторождениями, но и в смене категории аномалий.

Так, по участку Шмидтовского месторождения 14.05.1992 г. зафиксировано холодное поле, а 22.05.1992 г. — теплое.

Рассматривая вопрос связи температурных полей морской поверхности с геологическими структурами вообще и газонефтяными залежами в частности, необходимо отметить, что этот вопрос остается до настоящего времени проблематичным. Так, если влияние газовых залежей и флюидопроводящих разломов на температурное поле морской поверхности в общем определяется однозначно и выражается аномальным снижением температур над этими структурами, то характер аномалий и сам факт их наличия над нефтяными залежами в достаточной мере не изучен. Если тепловая энергия в силу биохимических или иных экзотермических процессов генерируется в зоне самой залежи, то какая величина генерируемой энергии и какая ее часть может передаваться к морской поверхности и возможно ли ее фиксирование современными техническими средствами дистанционного зондирования в условиях весьма подвижной водной среды? Эти и другие вопросы еще предстоит изучить.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить:

1. Температурное поле морской поверхности северо-западного шельфа Черного моря характеризуется наличием холодных аномалий, обусловленных миграцией газообразных углеводородов.

2. Установлена связь холодных полей с глубинными разломами, находящимися на современном этапе в фазе растяжения земной коры, и промышленными скоплениями газообразных УВ. Эти температурные поля обусловлены вертикальной миграцией газообразных УВ и проявлением в водной среде эндотермических процессов расширяющихся газов.

3. На основании указанных генетических связей возможно обнаружение газовых залежей в антиклиналях Пограничной, Съездовской, Анчоус, Гамбурцева, Штормовой, Штилевой, Сельского, Прибойной и Центральной.

4. Рекомендуется продолжить исследования по изучению связи температурных полей морской поверхности с геологическими структурами и газовыми, газоконденсатными и нефтегазовыми залежами, что позволило бы более уверенно использовать эти данные в прогнозировании продуктивных структур и фазового состояния УВ в пределах шельфа Азовского, Черного и других морей.

1. Никешин Ю. В. Динамическая структура Земли (Обзор современных представлений о внутреннем строении Земли и глобальных закономерностях ее геологического развития). — М.: Наука, 1992. — 44 с.
2. Перерва В. М. Аэрокосмические исследования в оптимизации процессов разведки и разработки месторождений нефти и газа // Геология нефти и газа. — 1992. — 6. — С. 16—20.

Центр аэрокосм. исследований Земли
АН Украины, Киев

Статья поступила
09.03.93

Резюме

За даними теплової космічної зйомки встановлено температурні аномалії морської поверхні Північно-Західного шельфу Чорного моря, пов'язані з глибинними розломами та промисловими скупченнями вуглеводнів. Формування температурних аномалій зумовлене процесами вертикальної міграції пластових і глибинних флюїдів. Зазначені закономірності можна використовувати для прогнозування газових покладів.

Summary

Temperature anomalies of the marine surface of the North-West shelf of the Black Sea connected with deep fractures and industrial accumulations of hydrocarbons have been established from the data of thermal space survey. Formation of temperature anomalies is conditioned by the processes of vertical migration of the plate and deep-seated fluids. The mentioned regularities can be used in prediction of gas deposits.