

А. Е. Лукин

## ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ УГЛЕКИСЛОЙ И УГЛЕВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

На основе изотопно-геохимических исследований разновозрастных (палеозой – голоцен) разнофациальных (разноманитных стереофитичных та нормально-осадочных вапняки і доломіти, а також інші карбонатні утворення) карбонатних порід Азово-Чорноморського регіону визначена участь різних джерел  $\text{CO}_2$  та відповідно різних типів карбонатуотворюючих систем. Вивчення (з використанням деяких опублікованих даних) складу стабільних ізотопів вуглецю і водню разновозрастных генерацій різноманитних нафтидів (бітумів, нафт, конденсатів, газів тощо) дозволило встановити підключення до процесу вуглеводневої дегазації різних вуглеводневогенеруючих систем, відносно значення яких суттєво варіює в просторі і часі. Зіставлення цих даних свідчить про тісну взаємодію вуглекислоти та вуглеводневої дегазації Землі. Це має виключно велике значення в формуванні найбільш перспективних з точки зору відкриття великих нафтових, газоконденсатних і газових покладів у деяких нетрадиційних типах пасток.

The participation of different sources of  $\text{CO}_2$  and appropriate various types of carbonate-forming systems are established on the basis of isotope-geochemical investigation of different-aged and different facial (diverse stereophytic and normal-sedimentary limestones, dolostones and also other various carbonate accumulations) within Azov-Black sea region. Determination of stable isotopes of carbon and hydrogen of different-aged generation of diverse naphthides (bitumens, oils, condensates, gases, etc.) allowed to establish involving into hydrocarbon outgasing process various hydrocarbon-generating system. Their relative significance is very changeable in geologic time and these data testifies close interaction of  $\text{CO}_2$  and hydrocarbon Earth outgasing. It is of the outmost importance in formation of the most promising types of non-traditional traps (pools).

Дегазация Земли (ДЗ) является многоуровневым по источникам (от ядерного – нижнемантийного водорода до разнообразных коровых и стратисферных газов), сложным по характеру процессов, гетерогенным и изменчивым по термодинамическому режиму глобальным явлением, с которым неотъемлемо связаны: седиментогенез, магматизм и метаморфизм как факторы дифференциации вещества Земли на основные оболочки, становления атмо-, гидро- и биосферы, формирования всех основных групп полезных ископаемых (от различных природных газов и нефтей до горючих сланцев и различных руд). К ярким его проявлениям относятся карбонато- и углеводородообразование, имеющие ключевое значение для понимания общих закономерностей ДЗ. Приуроченность колоссальных скоплений нефти и газа (включая самые большие из известных на Земле месторождения нефти и газа: Гавар, Южный Парс, Канган) к рифогенно-карбонатным формациям свидетельствует о тесном переплетении, более того – взаимодействии так называемых водно-углекислой и углеводородной ветвей ДЗ, выделенных в свое время П. Н. Кропоткиным [3]. С этой точки зрения особый интерес представляет изучение изотопно-геохимической эволюции карбонато-

углеводородогенерирующих систем длительно функционирующих труб дегазации (в понимании П. Н. Кропоткина), которые на протяжении больших интервалов геологического времени являлись ареалами карбонато- и нефтегазонакопления. Весьма подходящим объектом исследований в этом отношении является Азово-Черноморский регион. Черное море, как известно, представляет собой уникальную системную (гидрологическую, геохимическую, биотическую) аномалию, обусловленную процессами ДЗ. Данные анализа разновозрастных [от палеозоя – вплоть до недавних и современных процессов коркообразования, сопутствующих деятельности грязевых вулканов и метановых курильщиков, включая установленные в последние годы значительные по размерам арагонитовые постройки [2, 7]] карбонатных формаций и дериватов весьма длительного [от палеозойских и мезозойских битумопроявлений до более молодых, включая и постплиоценовые, нефтяных и газовых залежей, – вплоть до недавних и современных процессов газогидратообразования и разнообразных форм “газоотдачи дна Черного моря” [7, с. 7]] нафтидогенеза свидетельствуют о глубокой взаимосвязи углекислой и углеводородной ДЗ и, в то же время, о многообразии источников  $\text{CO}_2$  и углеводородов. Соотношение этих источников существ-

© А. Е. Лукин, 2003

венно варьировало на различных этапах истории геологического развития региона.

Таким образом, начиная, по крайней мере, с раннего карбона (парагенез "black shales" эвксинского типа и рифогенно-карбонатных формаций в Придубруджинском прогибе, Днепровско-Донецком авлакогене и, судя по отдельным фрагментам, в Крыму и в Черноморской впадине) по голоцен включительно углекислая и углеводородная ДЗ сопутствовали друг другу. Изучение их эволюции и взаимодействия на разных этапах геологической истории имеет не только научное, но и сугубо прикладное, в частности нефтегазопроисловое, значение. Лишь на основании системного изучения процессов ДЗ можно вести целенаправленные исследования достаточно значительных (для экономической рентабельности разработки на акватории и в прибрежных районах) месторождений углеводородного сырья. Это, в частности, относится к карбонатным отложениям позднего мела – раннего палеоцена, представляющим собой фактически единый, хотя и сложнопостроенный, мощный (суммарно до 2,5–3,0 км) комплекс, перспективы которого пока неясны. Несмотря на многочисленные нефтегазопроявления в Равнинном Крыму и на северо-западном шельфе Черного моря на всех стратиграфических уровнях, залежи промышленного значения (газовые, по промышленным запасам – небольшие) выявлены на ряде структур только в нижнепалеоценовых отложениях.

Невысокая результативность поисковых работ обусловлена тем, что пока в регионе не выделены наиболее перспективные типы карбонатных резервуаров и не определены основные критерии их прогнозирования. При оценке перспектив данного карбонатного комплекса в основном уделялось внимание лишь палеогеоморфологическим критериям. В соответствии с ними, для сеноман-турон-коньякского, сантон-кампанского, маастрихтского, дат-нижнепалеоценового субкомплексов в работах различных исследователей (М. М. Грачевский и А. С. Кравчук, К. Г. Григорчук и В. П. Гнидец, А. Д. Самарский и Б. М. Полухтович, И. В. Карпенко и др.) выделялись области внутреннего шельфа, мегаатоллов и барьерных рифов, барьерно-рифового уступа, внешнего шельфа и депрессионной области. При оценке перспектив нефтегазоносности меловых и палеогеновых морских карбонатов Равнинного Крыма и северо-западного шельфа Черного моря это безусловно необходимо, но совершенно недостаточно для эффективного

прогноза и успешных поисков нефтегазоносных карбонатных резервуаров.

С целью диагностики различных факторов формирования коллекторов в разновозрастных (нижний палеозой – голоцен) карбонатных формациях и оценки их относительного вклада в образование пустотного пространства и фильтрационно-емкостных свойств была подобрана достаточно представительная коллекция (свыше 100 проб) различных генераций карбонатных минералов (от сингенетичного кальцита скелетных остатков разнообразной биоты и ранне-постлитификационного доломита до кристаллов кальцита и доломита из палеокарстовых каверн, тектонических трещин и пустот гидротермального выщелачивания) из разнообразных (преимущественно биоморфных и органо-генно-детритусовых, детритусово-шламовых, микрозернистых, пелитоморфных известняков, доломитизированных известняков и доломитов, а также разнообразных известковых корок и проблематичных образований). Кроме того, привлечены литературные данные по изотопному составу карбонатных построек и образований, сопутствующих современным процессам грязевого вулканизма и разгрузки газовых струй на дне Черного моря в форме сипов и метановых курильщиков [2, 7]. Широкий диапазон значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  карбонатного вещества свидетельствует о действии всех установленных ранее факторов разуплотнения карбонатных пород: от ранне-постлитификационных до наложенных гипергенных и гипогенных (рис. 1, А, Б). Природное карбонатообразование, несмотря на исключительное многообразие условий и форм, протекает по единой общеизвестной физико-химической схеме карбонатного равновесия, сдвиг которого в сторону осаждения  $\text{CaCO}_3$  (и других карбонатов) определяется интенсивностью поступления  $\text{CO}_2$  в соответствующую среду минералообразования – от метаболических растворов, бассейновых и иловых вод до гидротерм, фильтрационных метеорных вод и т. п. Таким образом, углекислая ДЗ (с учетом "подключения" различных источников  $\text{CO}_2$  – от глубинных подкоровых и внутрилитосферных мобилизационных до биогенных и атмосферных) является главным регулятором карбонатообразующих систем. Основная масса карбонатных пород сформировалась в результате седиментационно-биогенных процессов (различные формы биоминерализации и химического осаждения карбонатов, включая инкрустационную и кристификационную литификацию). Большин-

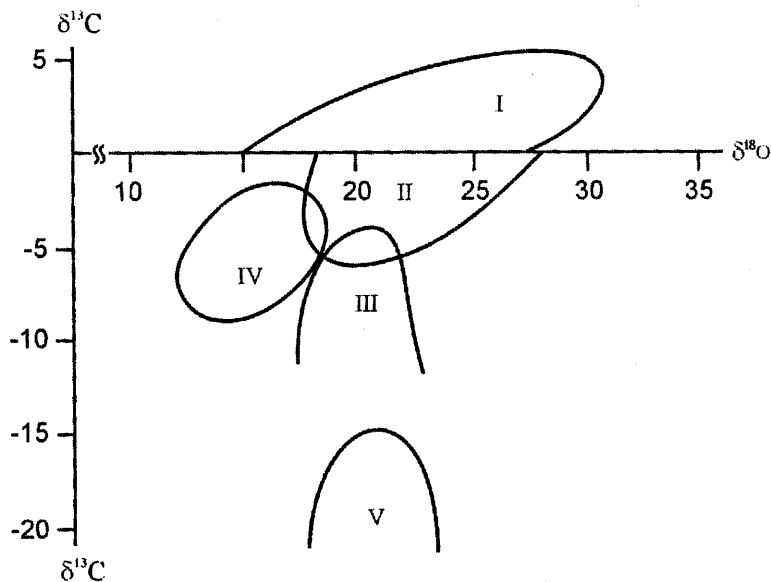


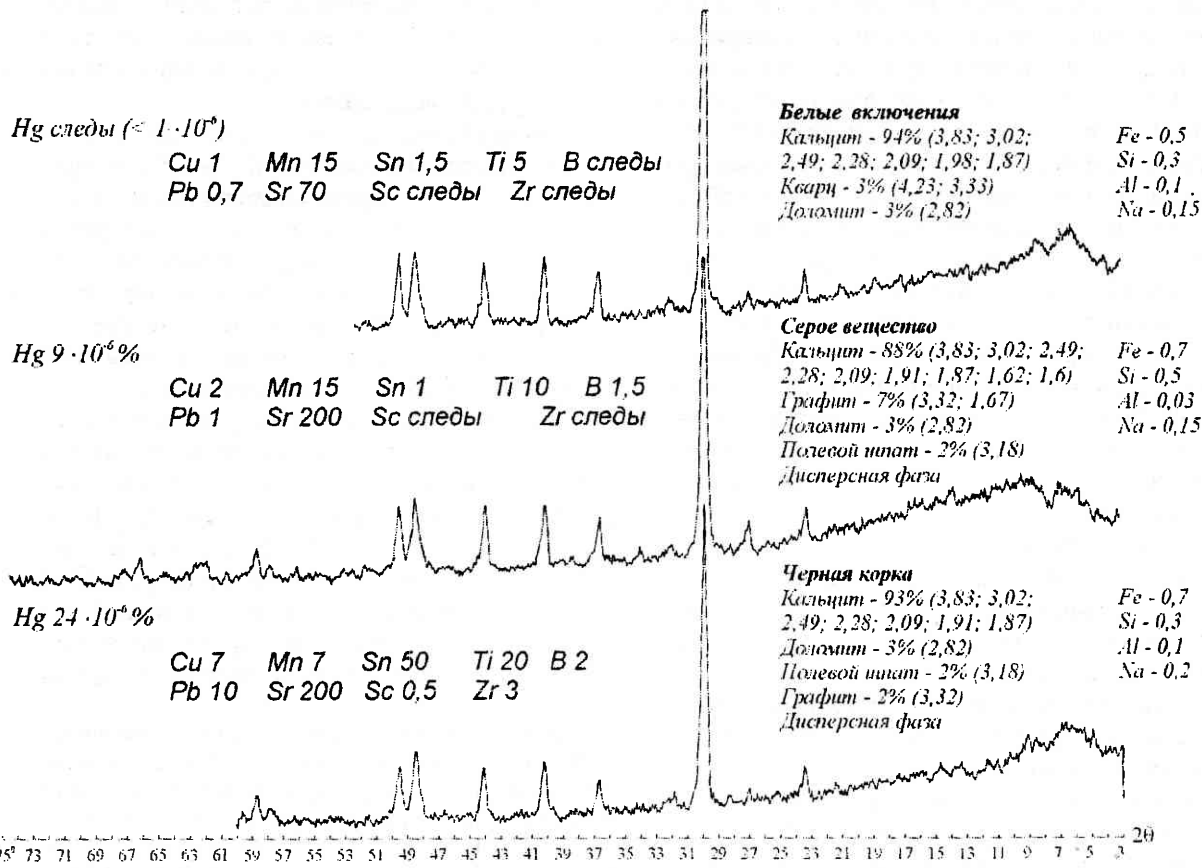
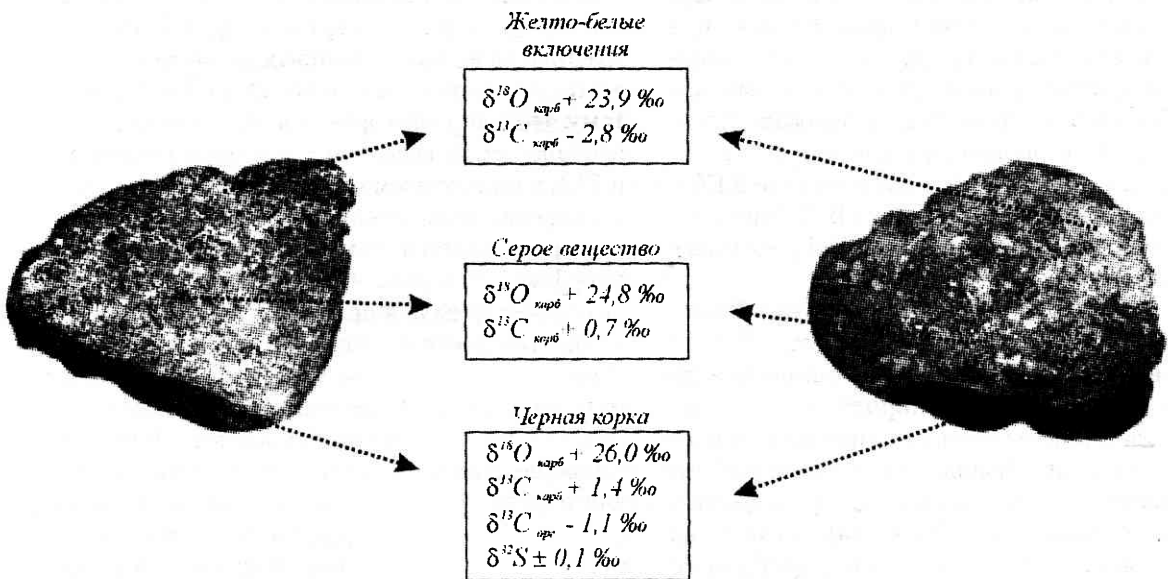
Рис. 1. Изотопно-геохимические особенности карбонатов и нафтидов Азово-Черноморского региона

А. Генетические поля изотопно-геохимической диаграммы разновозрастных (палеозой–голоцен) карбонатных образований: *I* – ранне-постлитификационной перекристаллизации, доломитизации и растворения кальцита; *II* – палеокарста; *III* – окисления нефтяных углеводородов – палеокарста; *IV* – гидротермального растворения карбонатов; *V* – разрушения газогидратов

ство фигуративных точек изученных пород соответствует полю биогенно-седиментационного карбонатообразования (рис. 1, Б). Присутствующие здесь коллекторы, судя по изотопному составу углерода и кислорода ранних генераций аутигенного кальцита и доломита, обусловлены процессами ранне-постлитификационного разуплотнения (кратковременные перерывы – диастемы с перекристаллизацией, растворением биотических скелетных остатков, ранне-постлитификационной доломитизацией стереофитических биокарбонатных тел и т. п.). Наряду с этим отмечены изотопно-геохимические признаки участия как палеокарстовых процессов, связанных с нисходящей миграцией метеорных осадков (а в условиях акватории – и с более сложными формами циркуляции бассейновых и метеорных вод), так и с разнообразными проявлениями гипогенного аллогенеза, сопутствующего кон- и постседиментационному магматизму (изотопный состав углерода и кислорода кальцита в кавернах и трещинах разнообразных верхнемеловых и палеоценовых известняков, а также туфоизвестняков на поднятиях Каркинитском, Штормовом, Шмидта, Сельского и др. – рис. 1, Б). Кроме того, установлено участие в процессах растворения карбонатных пород и аутигенного карбонатообразования продуктов окисления (с образованием  $\text{CO}_2$ ) метана газогидратов, курильщиков и сипов, что обычно фик-

сируется по аномальному изотопному облегчению углерода (рис. 1, А). Карбонатообразование, сопутствующее грязевому вулканизму (включения травертинов и других хемогенных образований), напротив, характеризуется аномальным изотопным утяжелением углерода и кислорода. Однако единичные данные о присутствии парастерически (и, возможно, парагенетически) связанных с грязевыми вулканами аномально облегченных (как в постройках метановых курильщиков) карбонатных образований свидетельствуют как о возможной разгрузке через жерла грязевых вулканов метана курильщиков, так и о контаминации продуктами грязевого вулканизма газогидратных скоплений (с их разрушением и окислением). По-видимому, индикатором таких сложных взаимодействий различных углеводородогенерирующих систем при экстремальных процессах ДЗ являются гераклиты [6]. Это неравномерно окрашенные (от темно-серого и преобладающего серого цветов до светлых желтоватых и белых включений) шлакоподобные ноздревато-пористые образования, которые залегают в миоценовых органогенно-детритусовых и глинистых известняках в виде либо прослоев (0,2–0,5 м), либо стяжений, либо обломков взрывной брекчии, придавая вмещающим породам своеобразный пудинговый облик. Известны они главным образом из естественных обнажений миоценовых отложе-





В. Минеральный состав и геохимические особенности гераклита (Крым, Гераклеийский п-ов, миоцен; коллекция Н. И. и В. И. Лысенко) (продолжение рис. 1)

ний на Гераклеюском п-ове (на участке Крымского побережья от мыса Феолент до мыса Херсонес), хотя, по-видимому, присутствуют и в других местах Черного моря, судя по сравнительно широкому распространению их окатанных обломков в прибрежных наносах. Представления об их вулканической природе, которые высказывались во второй половине XIX – первой половине XX в. (Э. Фавр, В. А. Ласкарев, Д. В. Наливкин, С. В. Альбов, М. Г. Барковская), были опровергнуты более поздними исследованиями Л. С. Белокрыса и В. Ф. Петруня. В наиболее обстоятельной новейшей работе Н. И. и В. И. Лысенко, которые предложили именовать эту необычную горную породу гераклитом, впервые высказано предположение о связи прослоев гераклитов с “какими-то экстремальными процессами, нарушающими обычный режим карбонатообразования” [6, с. 80]. Исходя из присутствия в составе гераклитов своеобразной (и в то же время частично соответствующей палеонтологическим остаткам вмещающих известняков) биоты, представленной серпулами и серпулитами, мелкими гастроподами-гидробиями и др., предполагая (судя по повышенной твердости и плотности) его арагонитовый состав, Н. И. и В. И. Лысенко подчеркивают конседиментационный характер гераклитовых прослоев и предполагают их связь с разгрузкой метана по системе сейсмической трещиноватости через толщу карбонатных отложений к поверхности морского дна, который “окислялся, насыщая, пропитывая и окорковывая донный осадок” [6, с. 79]. Вывод Н. И. и В. И. Лысенко о связи гераклитов (и подобных им по облику, структуре и составу) с конседиментационными процессами ДЗ метана (т. е. “холодной” углеводородной ДЗ) представляется чрезвычайно важным и перспективным. Такая трактовка их генезиса, в отличие от вулканической и диагенетической, значительно лучше объясняет закономерности локализации, условия залегания, специфический облик и структурно-текстурные особенности гераклитов. Однако более детальное изучение минералого-геохимических их особенностей (рис. 1, В) свидетельствует о весьма существенных различиях между гераклитами и карбонатными образованиями, сопутствующими метановым курильщикам и сипам.

По данным рентгеновской дифрактометрии (ДРОН-3, Си-анткатод, Ni-фильтр) карбонатное вещество гераклитов характеризуется не арагонитовым, а кальцитовым составом (рис. 1, В). Кроме того, отмечена примесь (до 3%) долами-

та. Из некарбонатных минералов, наряду с кварцем и полевыми шпатами (в частности, альбитом), установлено присутствие фаз, близких к графиту, содержание которых варьирует от 0 (в желтовато-белых включениях) до 7%. Судя по тому, что в черной корке графита меньше, чем в основной сероцветной массе (соответственно 2 и 7%), и в то же время в ее веществе появляется дисперсная фаза, можно предположить, что хромофором является не только графит, но и смесь аморфного углерода и сульфида железа, которые характерны для продуктов кристаллизации поликомпонентного вещества при внедрении глубинных флюидов по трещинам естественно-гидроразрыва [4]. Это закономерно сочетается с геохимическими особенностями. В составе микроэлементов, наряду с типохимическими для карбонатообразования марганцем и стронцием, отмечены титан, цирконий, свинец, медь, ртуть, олово, скандий, бор. В целом это характерная для аномально-мантийного вещества некогерентная геохимическая ассоциация (сочетание сидеро-, халько- и литофильных элементов). Особенно показательно присутствие таких индикаторов глубинной природы флюидов, как ртуть, бор, олово, скандий.

Весьма важными и неожиданными (с точки зрения указанных, казалось бы, наиболее приемлемых в свете современных данных о формах метановой ДЗ в Черном море представлений о близости гераклитов к карбонатным постройкам метановых сипов и курильщиков) оказались результаты изотопно-геохимических исследований (рис. 1, В). Изотопный состав углерода и кислорода карбонатного (причем кальцитового, а не арагонитового!\*) вещества резко отличается от изотопно гораздо более легких арагонитовых корок и построек, образование которых связано с потреблением метана сипов и курильщиков, а также газогидратных скоплений метанотрофными бактериями (рис. 1, А). В то же время изотопный состав сульфидной серы, которая в виде примеси сосредоточена главным образом в темноокрашенных компонентах

\* Следует подчеркнуть необходимость более прецизионного определения плотности и твердости вещества гераклитов. Судя по данным определения этих параметров, для карбоната светлых участков (включений) они в целом соответствуют кальциту. Что касается вещества серых и темно-серых агрегатов, там повышение твердости и плотности может быть обусловлено влиянием дисперсной примеси некоторых из указанных более твердых (кварц, полевые шпаты) и более плотных (доломит, сульфиды) минералов.

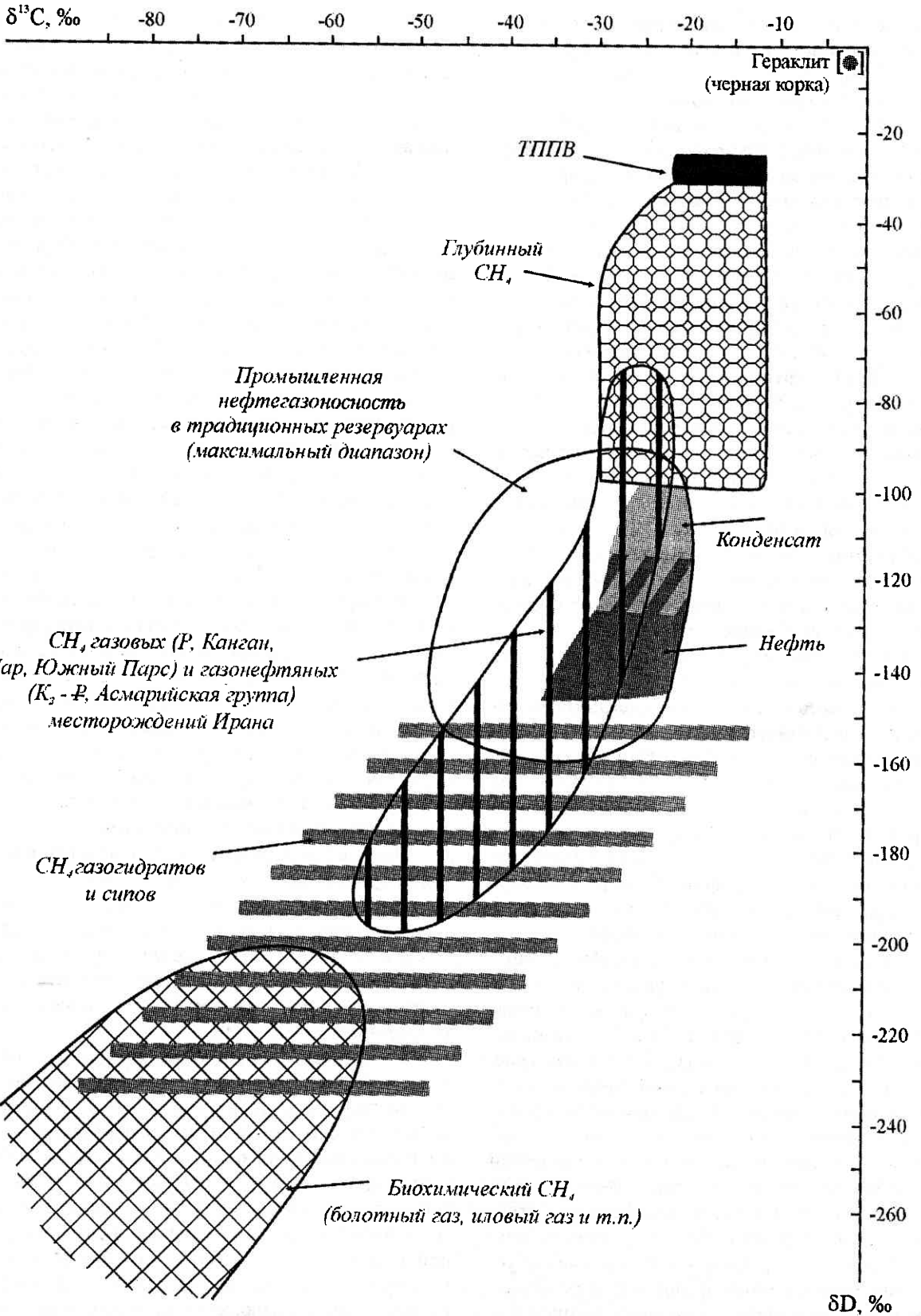
гераклитов (черные корки, характеризующиеся также наиболее высокими концентрациями халькофильных элементов – ртути, свинца, меди), соответствует метеоритному стандарту ( $\pm 0,1\%$ ), что также противоречит анаэробно-микробиологической (окисление  $\text{CH}_4$  сульфатредуцирующими метанотрофными бактериями) природе гераклитов. Наконец, прямым подтверждением глубинной абиогенной природы органического вещества гераклитов является исключительно тяжелый ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}} = -1,1\%$ ) изотопный состав органического углерода черной корки. Таким образом, гераклит как на графике “ $\delta^{13}\text{C} - \delta^{18}\text{O}$ ” карбонатов, так и на графике “ $\delta^{13}\text{C} - \delta^{18}\text{D}$ ” нафтидов (органическое вещество черных корок) занимает существенно иное положение по сравнению с газовой струйной и газогидратным метаном (рис. 1, Г). По-видимому, по системе сейсмической трещиноватости мигрировали флюиды различной природы, включая биогенный и различной степени глубинности абиогенный метан. Наиболее интенсивными сейсмогенными (включая солитонные геогидродинамические удары) явлениями было поступление самых глубинных (из верхней и нижней мантии – вплоть до границы с ядром) флюидов, следы которых в Азово-Черноморском регионе представлены инъекцией темноцветного пелитоморфного полиминерального вещества (ТППВ) по трещинам естественного гидроразрыва [4], а также гераклиты и им подобные образования. Вместе с тем он, как и карбонатные образования (корки, плиты и другие аккумулятивные формы), обусловленные метаболизмом сульфатредуцирующих метанотрофных бактерий, является важнейшим связующим звеном между углекислой и углеводородной ветвями ДЗ.

Данные по закономерностям нефтегазоносности Азово-Черноморского региона и, в частности, сочетание широкого возрастного диапазона нафтидогенеза (рис. 1, Д) с большими вариациями их изотопного (С, Н) состава (рис. 1, Г) соответствуют представлениям об участии в едином процессе ДЗ различных углеводородогенерирующих систем. Это хорошо согласуется с тектоно-геодинамической природой Азово-Черноморского региона. Включающий ряд тектонических узлов весьма сложного строения, он представляет собой структурно-формационный коллаж, формирование которого обусловлено многоэтапным развитием и резонансным взаимодействием нескольких автономных рифтовых систем с различным характером геодинамической эволюции (авлакогенный и палео-

океанический). Соответствующий региону сложнопостроенный “коллажный” нефтегазоносный (мега)бассейн содержит разнообразные (докембрий – кайнозой) черносланцевые (гидрокарбонитовые) толщи (степень региональных автогенетических изменений: от метагенеза до раннего катагенеза – диагенеза) и другие типы (флюидо-)породных субстратов, которые при гипогенно-аллогенетической активизации (геодинамический и геотермобарический режимы характеризуются соответственно сжатием и соотношением  $T_{\text{фл}} > T_{\text{конд}}$  процессы – сочетанием дилатансионного разуплотнения, гидротермального метасоматоза и др.) служат основными источниками углеводородов [5]. “Подключение” различных источников углеводородов к импульсно функционирующей на нео- и актуотектоническом этапах по сквозьформационным флюидопроводящим зонам [4] углеводородогенерирующей системе обусловило исключительно широкий фазово-геохимический диапазон нафтидов (от разнообразных твердых битумов, первичных мальг и тяжелых нефтей до легких нефтей и конденсатов, от углеводородных систем критического состояния и газоконденсатов до метановых и метаново-сероводородных газов) и разнообразие форм их локализации (от залежей в типичных антиклинальных и разнообразных комбинированных неантиклинальных ловушках до струйных, суффлярных и других выделений, а также газогидратных скоплений). Это подтверждается геохимическими и, в частности, изотопными данными.

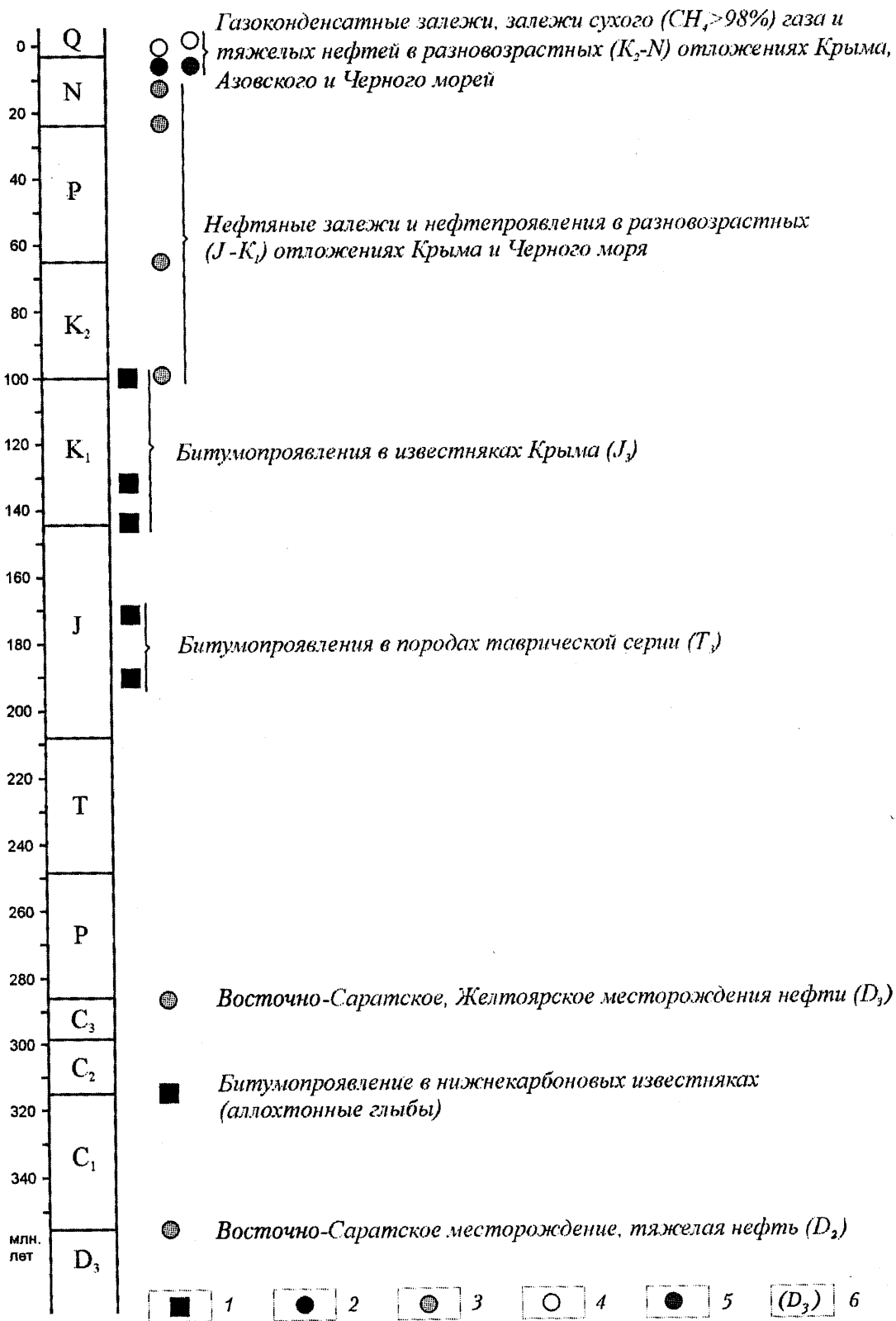
Наличие разновозрастных генераций нафтидов (рис. 1, Д) хорошо согласуется с многократным проявлением на фоне региональных автогенетических процессов (диагенез, катагенез, а в субдукционных и коллизионных зонах также метагенез и метаморфизм) сравнительно кратковременных фаз тектоно-термальной активизации.

Беспрецедентно широкий изотопно-геохимический диапазон нафтидов свидетельствует об участии в нафтидогенезе углеводородов из различных источников. При этом знаменательно положение поля фигуративных точек изотопного состава ( $\delta^{13}\text{C} - \delta\text{D}$ ) нефтей, конденсатов и газов промышленных скоплений Азово-Черноморского региона. Совпадение со средней частью этого поля изотопных значений газа из пермотриасовых карбонатных отложений Южного Ирана позволяет высоко оценить перспективы нефтегазоносности зон разуплотнения в глубокозалегающих мезозойских ком-



Г. Дериваты углеводородной дегазации Азово-Черноморского региона в координатах индексов изотопного состава углерода и водорода (продолжение рис. 1)





Д. Разновозрастные генерации нафтидов Азово-Черноморского региона: 1 – твердые битумы нафтидного ряда; 2 – тяжелые высоковязкие нефти, мальги; 3 – нефти; 4 – конденсаты; 5 – газы (в скобках указан возраст вмещающих пород) (окончание рис. 1)

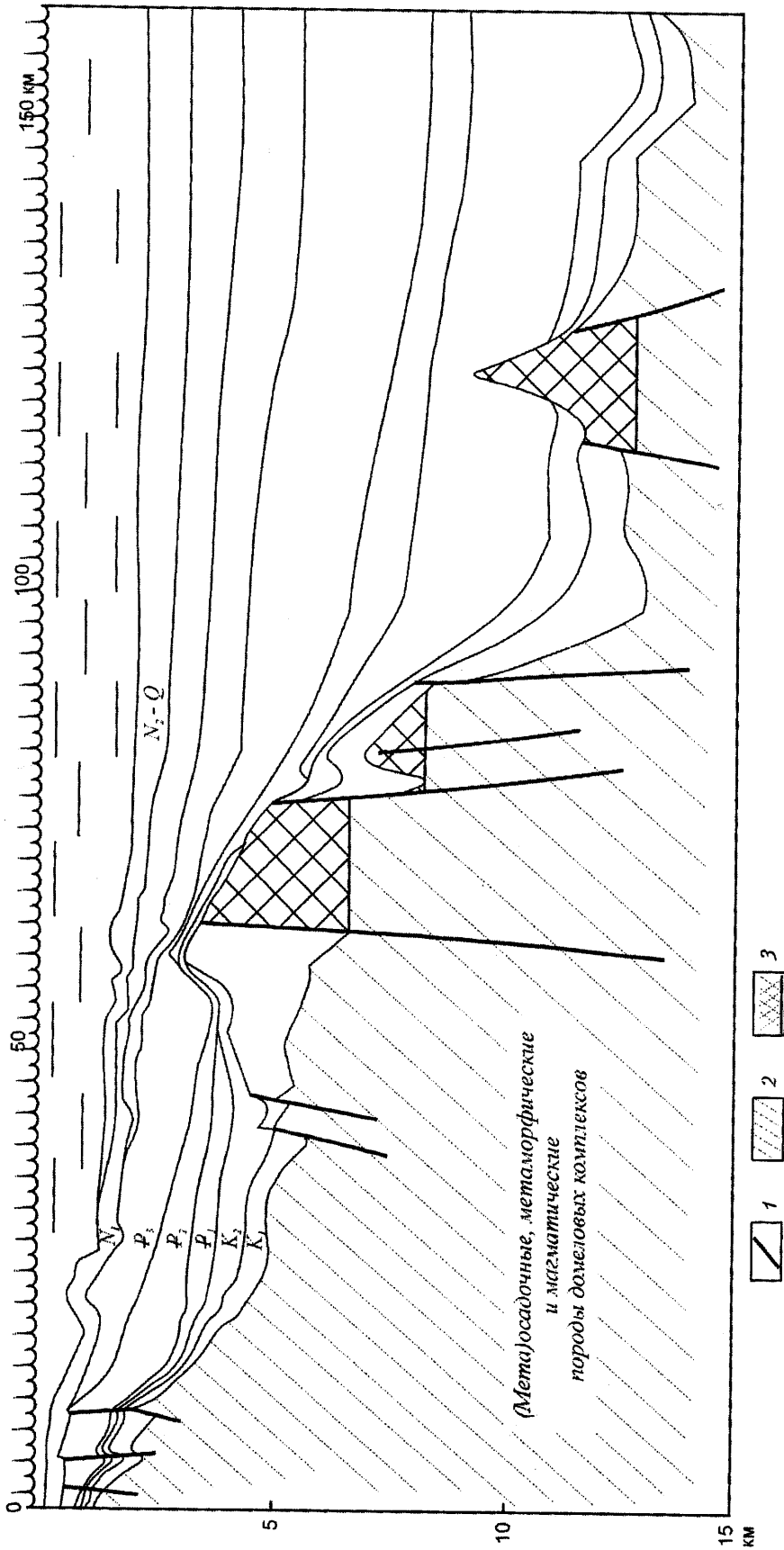
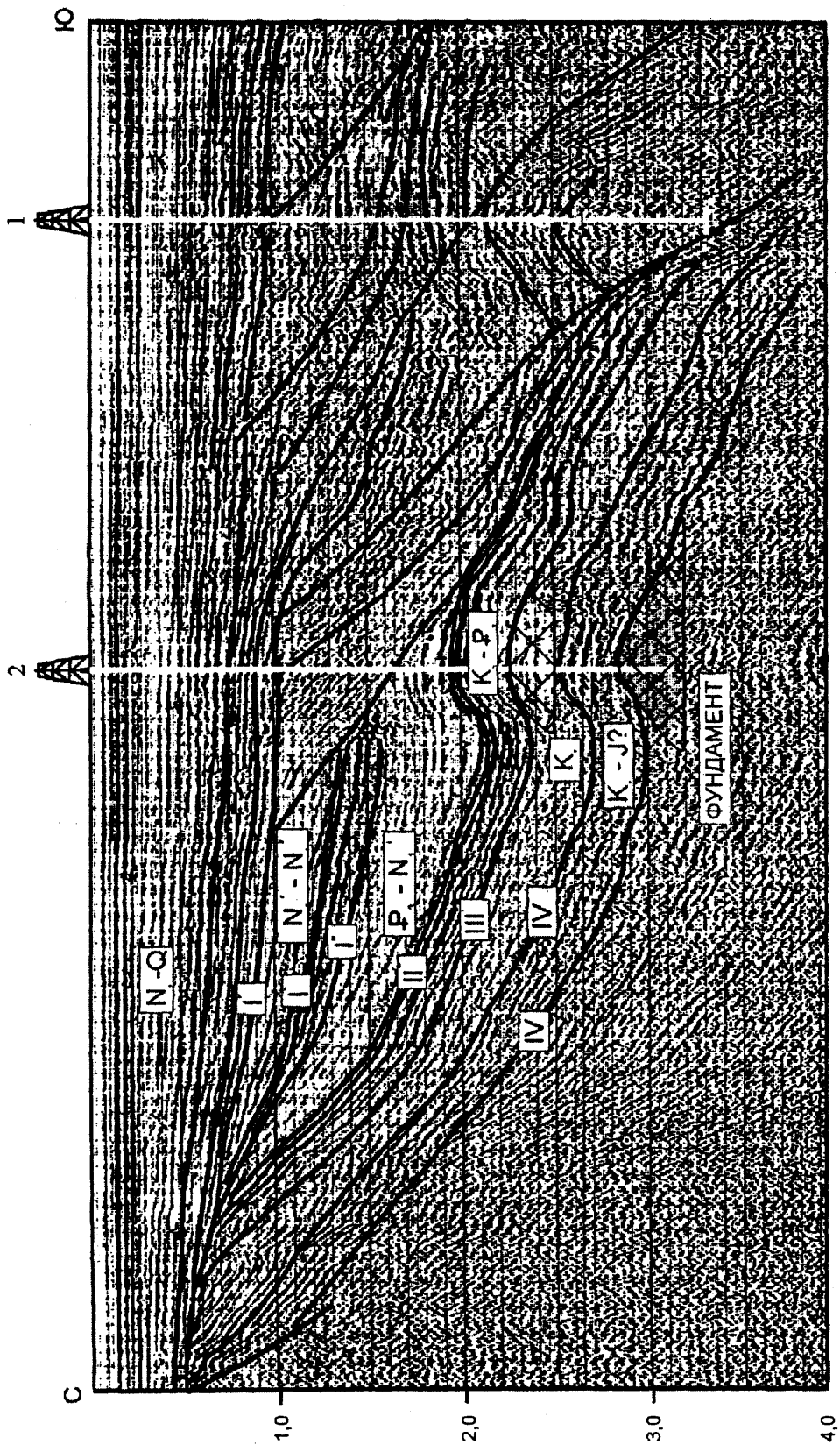
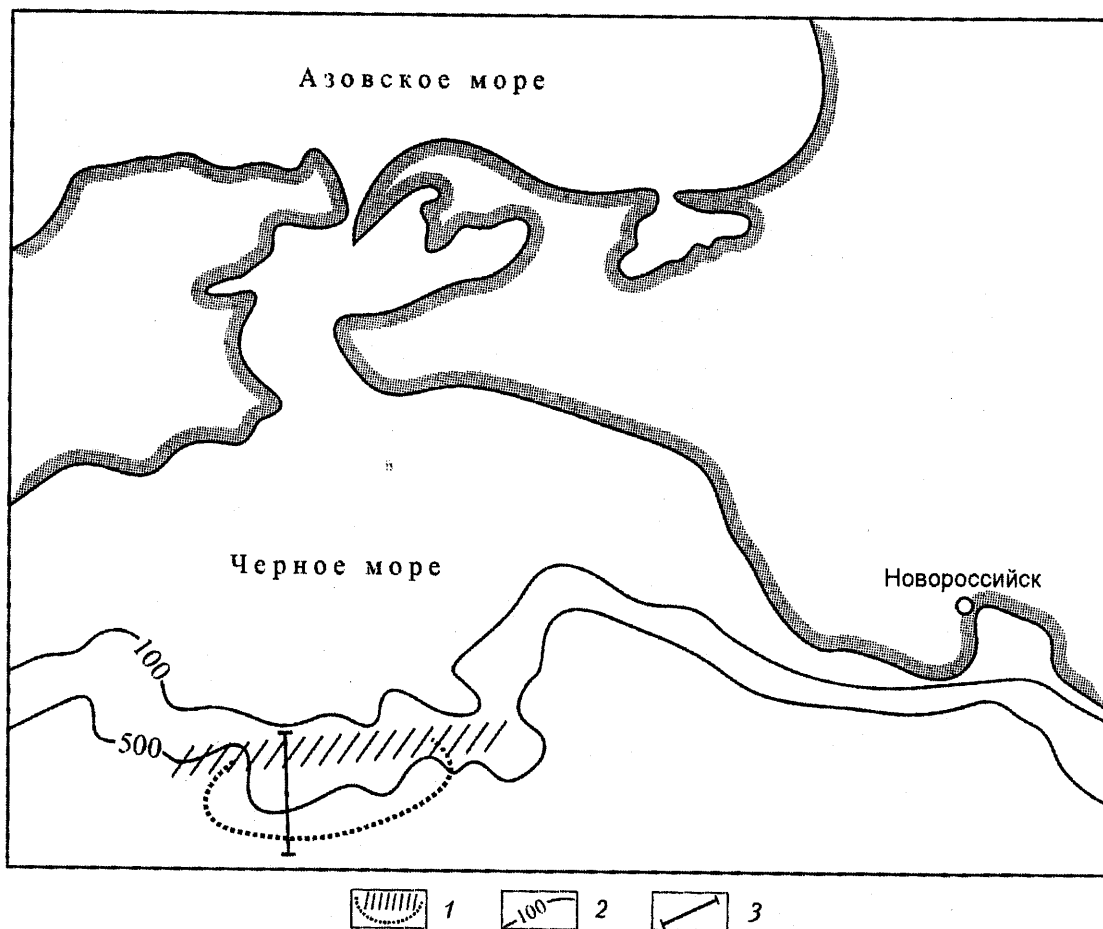


Рис. 2. Прогнозные ловушки (резервуары) массивных нефтяных и газовых залежей в разуплотненных породных массивах на шельфе и континентальном склоне Черного моря

А. Морфология домеловых формаций на западном шельфе и континентальном склоне Черного моря (по А. Robb, 1998, с изменениями): 1 – разрывные нарушения; 2 – (мета)осадочные, метаморфические и магматические породы домеловых комплексов; 3 – природные массивные залежи в разуплотненных породных массивах (по А. Е. Лукину)



Б. Фрагмент временного разреза по профилю 060196 и рекомендованные параметрические скважины (по А. П. Толкунову, Е. С. Дворянину и др., 2001). Ромбической штриховкой показаны прогнозные массивные резервуары (продолжение рис. 2)

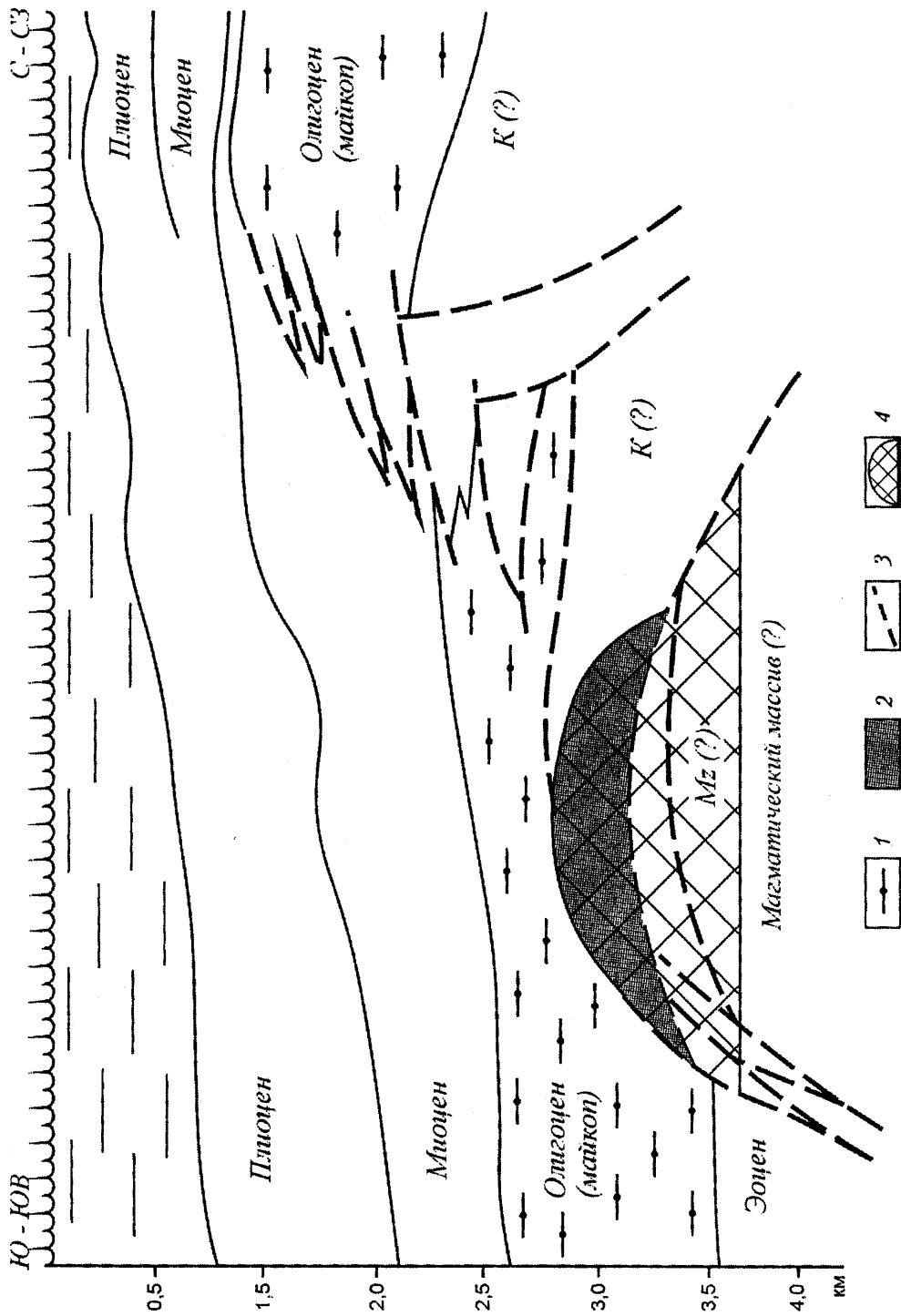


В. Поднятие Палласа (Д. Ф. Исмагилов, А. А. Терехов, Р. В. Шайнуров, 1991) (продолжение рис. 2)

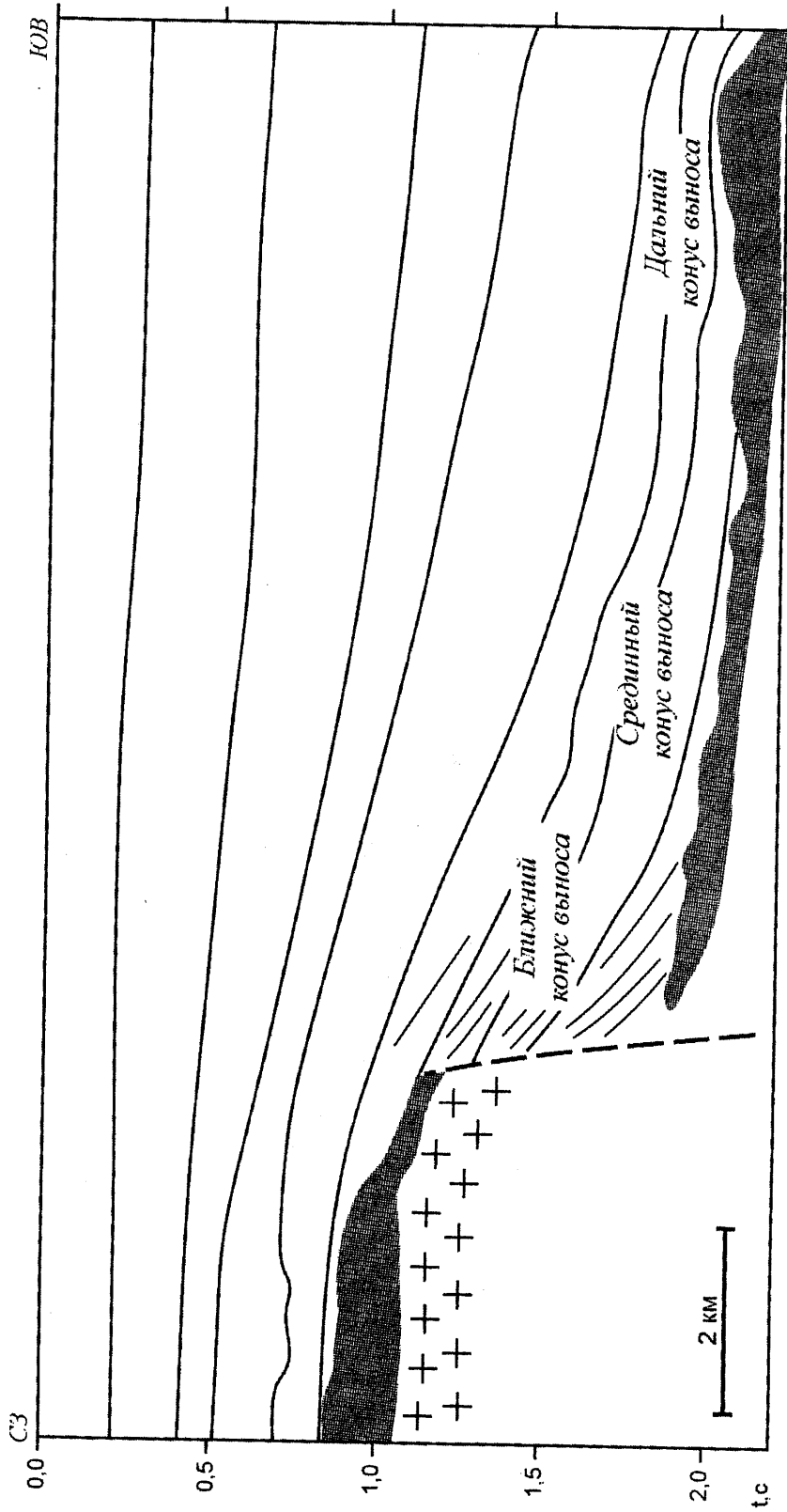
плексах, магматических породных массивов и выступов разновозрастного кристаллического фундамента (рис. 2, А–Д).

Как показывает опыт изучения различных “коллагных” нефтегазоносных бассейнов, перспективы поисков крупных месторождений в зонах интенсивного нефтегазонакопления здесь следует связывать с разнообразными по морфологии вторичными резервуарами, возникновение которых обусловлено указанным комплексным разуплотнением как различных терригенных, карбонатных, вулканогенных, так и кристаллических (интрузивные массивы, блоки фундамента и т. п.) пород. Мощный современный восходящий поток углеводородных газов через дно Черного моря совместно с флюидами, которые характеризуются широким диапазоном различных физико-химических параметров (парциальные давления углекислого газа и сероводорода, Eh, рН) оказывал интенсивное гипогенно-аллогенетическое разуплотняющее

воздействие на породные массивы как карбонатного, так и кварцево-силикатного состава [4]. Благодаря этому в пределах Азово-Черноморского региона, в частности в Черном море, возможно присутствие промышленно нефтегазоносных крупных массивных резервуаров в гранитных массивах и других выступах разновозрастного домелового кристаллического фундамента (в частности, аналоги таких гигантских нефтяных месторождений на Зондском шельфе, как Белый Тигр, Дракон и др.), а также в разнообразных карбонатных формациях. Особенно благоприятен в этом отношении континентальный склон Черного моря, где по геофизическим данным установлены признаки таких крупных выступов, на которых локализуются карбонатные постройки (рис. 2, В, Г). Последние, судя по данным драгирования в районе Ломоносовского подводного массива, могут быть “карбонатные метановые курильщики” [7, с. 11]. О значительных масштабах этого явления, крупных разме-



Г. Возможная тектоно-формационная характеристика профиля (продолжение рис. 2)



Д. Карбонатные постройки метановых курильщиков и сипов (серое) и их соотношение с гранитными массивами (крестики) и осадочными отложениями в центральновьетнамском секторе Зондского шельфа (по [8], с изменениями) (окончание рис. 2)

рах таких дегазационных карбонатных построек и приуроченности к трубам дегазации гетерогенных гранитно-карбонатных массивных резервуаров свидетельствуют недавние детальные сейсмические исследования, выполненные Х. Ли и Дж. Уоткинсоном [8] в центральновьетнамском секторе (Южно-Китайское море) Зондского шельфа (рис. 2, Г, Д). Можно предполагать, что именно с массивными резервуарами в разуплотненных породных массивах, включая и гетерогенные, связаны наиболее крупные месторождения Черного моря, поскольку здесь образование коллекторов и их заполнение углеводородами – это взаимосвязанные процессы, обусловленные ДЗ.

1. Белокрыс Л. С., Петрунь В. Ф. По поводу статьи М. Г. Барковской "Об особенностях терригенной минералогии черноморских осадков у побережий, сложенных рифогенным неогеном" // Литология и полез. ископаемые. – 1970. – № 6. – С. 126–132.
2. Иванов М. В., Поликарпов Г. Г., Леин А. Ю. и др. Биохимия цикла углерода в районе метановых газовых выделений Черного моря // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 320, № 5. – С. 1235–1240.

3. Кропоткин П. Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. – 1986. – № 5. – С. 540–547.
4. Лукин А. Е. Литогеохимические факторы нефтегазоаккумуляции в авлакогенных бассейнах. – Киев: Наук. думка, 1997. – 220 с.
5. Лукин А. Е. О происхождении нефти и газа (геосинергетическая концепция природных углеводородно-генерирующих систем) // Геол. журн. – 1999. – № 1. – С. 30–42.
6. Лысенко Н. И., Лысенко В. И. Необычный камень – "гераклит" и проблемы дегазации метана в миоцене Крыма // Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона. – Симферополь, 2001. – С. 76–82.
7. Шнюков Е. Ф., Старостенко В. И., Гожик П. Ф. и др. О газоотдаче дна Черного моря // Геол. журн. – 2001. – № 4. – С. 7–14.
8. Lee H. Gwang, Watkins J. S. Seismic sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Phu Khaun Basin, Offshore Central Vietnam, South China Sea // Bulletin AAPG. – 1998. – V. 82. – № 9. – P. 1711–1735.

Ин-т геол. наук НАН Украины,  
Киев

Статья поступила  
06.11.02