

УДК 550.21: 550.83 (571.642)

Временные изменения геофизических полей над флюидонасыщенными геодинамическими системами в связи с проблемами прогноза нефтегазоносности и сейсмических событий

*В.А. Паровышний, В.Н. Сеначин, Е.В. Кочергин, О.В. Веселов
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г.Южно-Сахалинск*

В 2003 году лаборатория геодинамики ИМГиГ ДВО РАН приступила к реализации долгосрочной программы по изучению временных изменений геофизических полей над флюидонасыщенными геодинамическими системами, расположенными в зонах активных региональных тектонических разломов.

Основные задачи исследований:

1. Выявить характерные признаки наличия залежи углеводородов по временным изменениям геофизических полей и на этой основе создать методику прогноза нефтегазоносности сложнопостороенных объектов, расположенных в зонах активных разломов.
2. Определить связь вариаций геофизических полей над газонасыщенными объектами с сейсмическими событиями и оценить возможность создания методики краткосрочного прогноза землетрясений.

Предпосылкой для постановки данных исследований следует считать результаты работ выполненных сотрудниками ИФЗ [1], ИГРГИ [2] и украинскими геофизиками [3, 4], выявившими специфические эффекты в поведении гравитационного и термального полей над залежами углеводородов (УВ).

Для решения задач был обустроен геодинамический полигон на Южно-Луговском месторождении газа, расположенном в 4 км к западу от г. Анива (районный центр Сахалинской области на юге о. Сахалин). Краткие характеристики месторождения приведены нами ранее [6,7].

При решении первой задачи использовались геофизические наблюдения по трем профилям полигона, пересекающим все блоки структуры.

Применяемые методы:

1. Высоточные профильные гравиметрические наблюдения с погрешностью определения наблюденных значений силы тяжести (Δg_n) не ниже ± 0.02 мГал.
2. Малоглубинные термометрические наблюдения (глубина погружения датчиков 1.5 м) с погрешностью определения температур $\pm 0.05^\circ\text{C}$.
3. Профильные геомагнитные наблюдения

Методика профильных геофизических наблюдений подробно изложена нами ранее [6,7].

В период 2003-2006 г.г. здесь выполнено 6 циклов наблюдений указанными методами. По результатам наблюдений установлены основные признаки продуктивности:

1. В контуре продуктивности гравитационное поле нестабильно во времени. Разности Δg_n между циклами наблюдений, выполняемые со средней частотой через месяц, достигают величины ± 0.16 мГал.

2. Продуктивные блоки структуры характеризуются максимумами нестабильности гравитационного поля, которые коррелируются с относительными максимумами температур.

3. Гравитационное и термальное поля над залежью меняют характеристики синхронно. Повышению напряженности гравитационного поля в контуре залежи соответствует повышение температур и наоборот - понижение напряженности гравитационного поля сопровождается понижением уровня напряженности термального поля (рис. 1).

Для выявления характера связи вариаций геофизических полей с сейсмическими событиями применяемый комплекс в 2004 году был дополнен постоянно действующей магнитовариационной станцией и установкой для измерения вариаций естественного электрического поля в режиме регистрации блуждающих токов и, в 2006 году, четырех азимутальной установкой, так же предназначенной для регистраций изменения напряженности естествен-

ного электрического поля (ЕП). Комплекс эксплуатировался в режиме стационарных наблюдений в летне-осенние периоды 2006 и 2008 г.г.

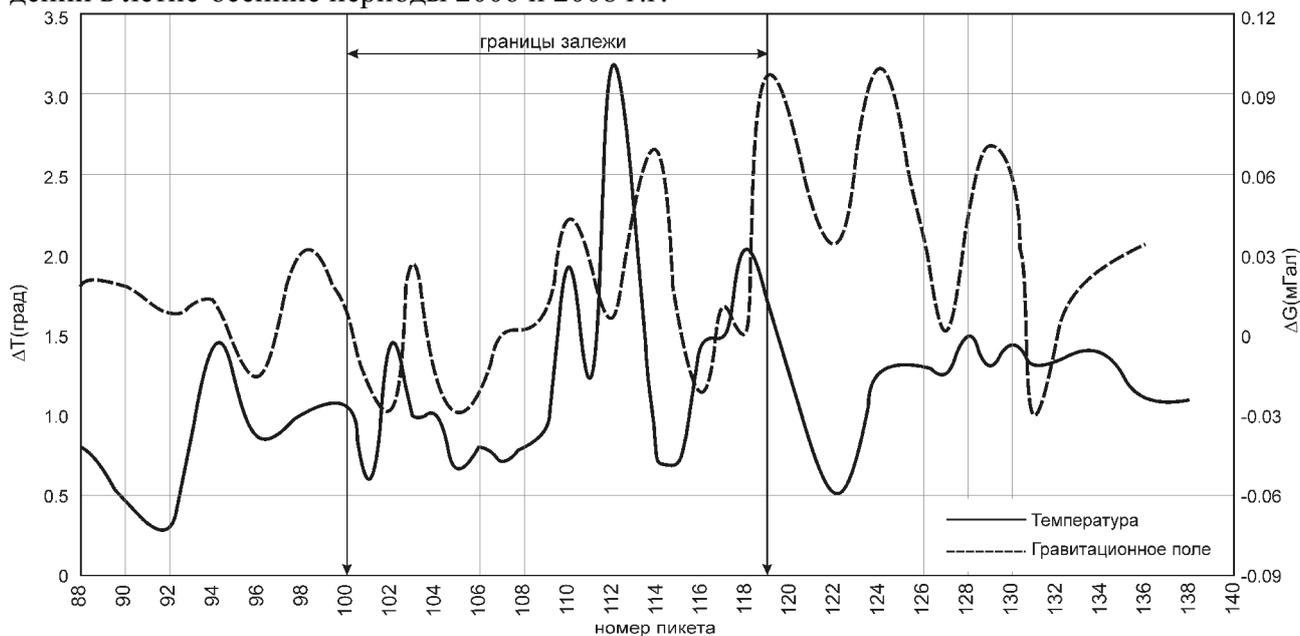


Рис.1. Пример синхронного изменения гравитационного и термального полей над залежью газа (разности значений Δg и $T^{\circ}C$) между циклами наблюдений 17.09.2006 – 21.08.2006). Южно-Луговской полигон. Профиль 1.

Предпосылкой для развертывания постоянных наблюдений послужило зарегистрированное нами 13 сентября 2004 года в 14h 02m местного времени сейсмическое событие магнитудой 5.6, эпицентр которого находился в 580 км к юго-востоку от полигона. Это же событие было зарегистрировано автоматическими сейсмическими станциями, расположенными в 40 км к северу и в 35 км к югу от полигона (бюллетень Южно-Сахалинской сейсмологической станции № 9 от 20.09.06). За 40 минут до данного события магнитовариационной станцией, расположенной на полигоне, зафиксировано резкое увеличение напряженности геомагнитного поля, которое продолжалось еще 15 минут после толчка.

Измерение температур по одному из профилей полигона, 12 и 15 сентября 2004 года, показало, что в контуре залежи произошло увеличение температуры до $0.9^{\circ}C$. За контуром залежи произошло закономерное, для этого времени года, сезонное понижение температур на $0.05 - 0.15^{\circ}C$ (рис.2).

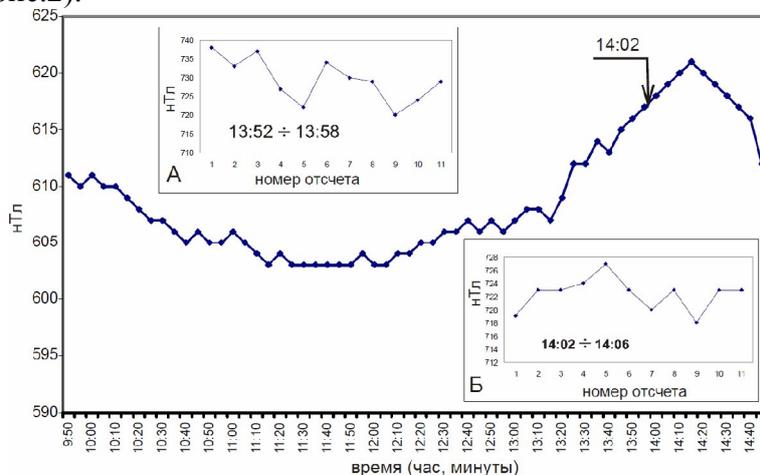


Рис.2а. Графики вариаций геомагнитного поля 13 сентября 2004 года.

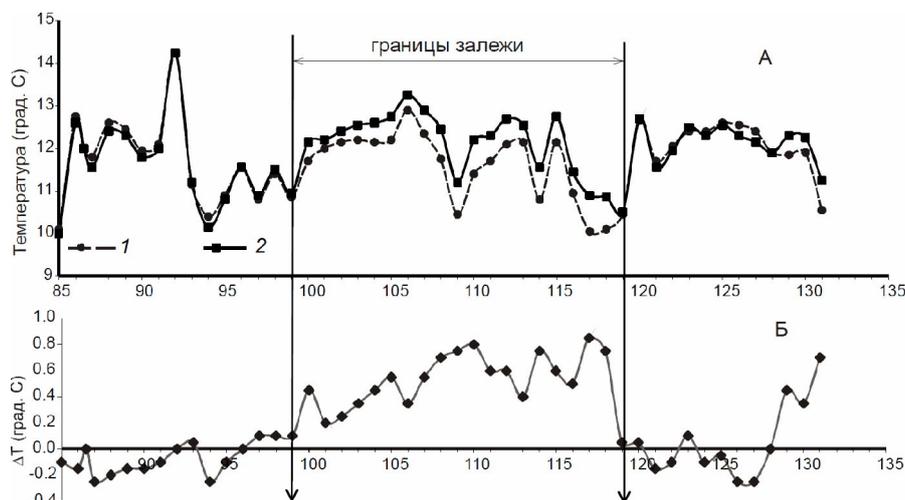


Рис.26. Изменение температур по профилю 1 до и после землетрясения 13.09.04 г. А – температуры от 12 сентября (1), от 15 сентября (2); Б – разность температур (2-1).

Данный факт показал, что основной причиной изменения параметров геофизических полей над залежью являются сейсмические импульсы. Таким образом было установлено, что в период прохождения сейсмических импульсов, залежь газа обнаруживает себя, но в тоже время является индикатором для регистрации параметров изменения геофизических полей характеризующих конечную фазу подготовки предстоящего сейсмического события.

Последующие исследования позволили установить, что геодинамическое состояние залежи начинает изменяться за несколько часов до момента сейсмического события, что находит отражение в состоянии геофизических полей над залежью УВ в виде возмущений резко отличающихся от фоновых значений их напряженности. Последние регистрируются на всем протяжении спокойной сейсмологической обстановки (рис.3).

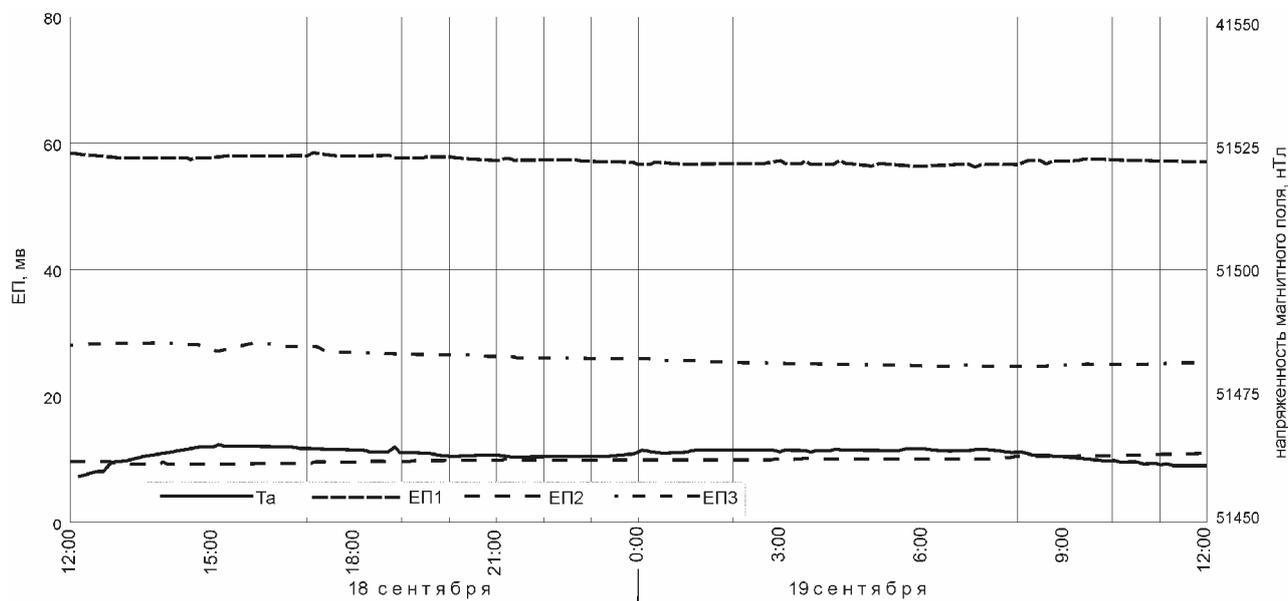


Рис. 3 Пример состояния геомагнитного (Тa), естественного электрического (ЕП) полей над залежью газа в период отсутствия сейсмических событий.

За время стационарных наблюдений записано более 40 эпизодов сейсмических событий, произошедших на удалении от пункта наблюдений 1083 (одно наиболее удаленное) до 120 км, которые, в период камеральной обработки материалов представлены в графической форме и сопоставлены с официальными сейсмологическими данными.

Здесь нужно отметить, что получение сигналов-предвестников от источника, удалённого на 1083 км от пункта наблюдений вызывает некоторое сомнение у оппонентов. Однако, известны случаи, когда электромагнитные сигналы регистрировались от источников, удаленных от места наблюдения на 2500 км и более [4].

Из полученных материалов следует, что формы проявления сейсмических событий в геофизических полях различны. Наиболее часто повторяются следующие:

1. В геомагнитном поле: плавное или резкое понижение напряженности поля за 3-4 часа до момента события; резкое повышение поля за 40-50 минут до события; хаотичные (непериодические) колебания поля в пределах 5-20 нТл за 10 минут до события.
2. В естественном электрическом поле: возникновение резких амплитудных (до 10-15 мВ), непериодические колебания ЕП за 1.5 часа до сейсмического события; плавное или резкое повышение поля на 5-15 мВ за 4-5 часов перед серией толчков; резкое увеличение напряженности ЕП за 6.5-7 часов до максимума, формирующегося за 5 часов до события, затем снижение напряженности до фоновых к моменту события.
3. В термальном поле: снижение температур в приповерхностном слое начинается за 5-6 часов до сейсмического события.

Все перечисленное относится к сейсмическим событиям, эпицентры которых расположены на удалении 350 км и более.

Другая форма проявления близкого землетрясения (60 км к ССВ от места наблюдения) зафиксирована нами 17 октября 2008 года. Здесь наблюдения ЕП выполнялись четырех азимутальной установкой.

Естественное электрическое, геомагнитное и термальное поле были выведены из состояния покоя (рис 3) за 26 часов до землетрясения с магнитудой 3, произошедшего в районе п. Синегорск. При этом к моменту события наиболее резкие изменения показали каналы ЕП ориентированные близко по направлению к эпицентру (плавное повышение напряженности, канал ЕП 2 на рис 4) и ориентированный ортогонально этому направлению (понижение напряженности, канал 4 на рис. 4). Показания по двум другим каналам существенно не отличались от фоновых.

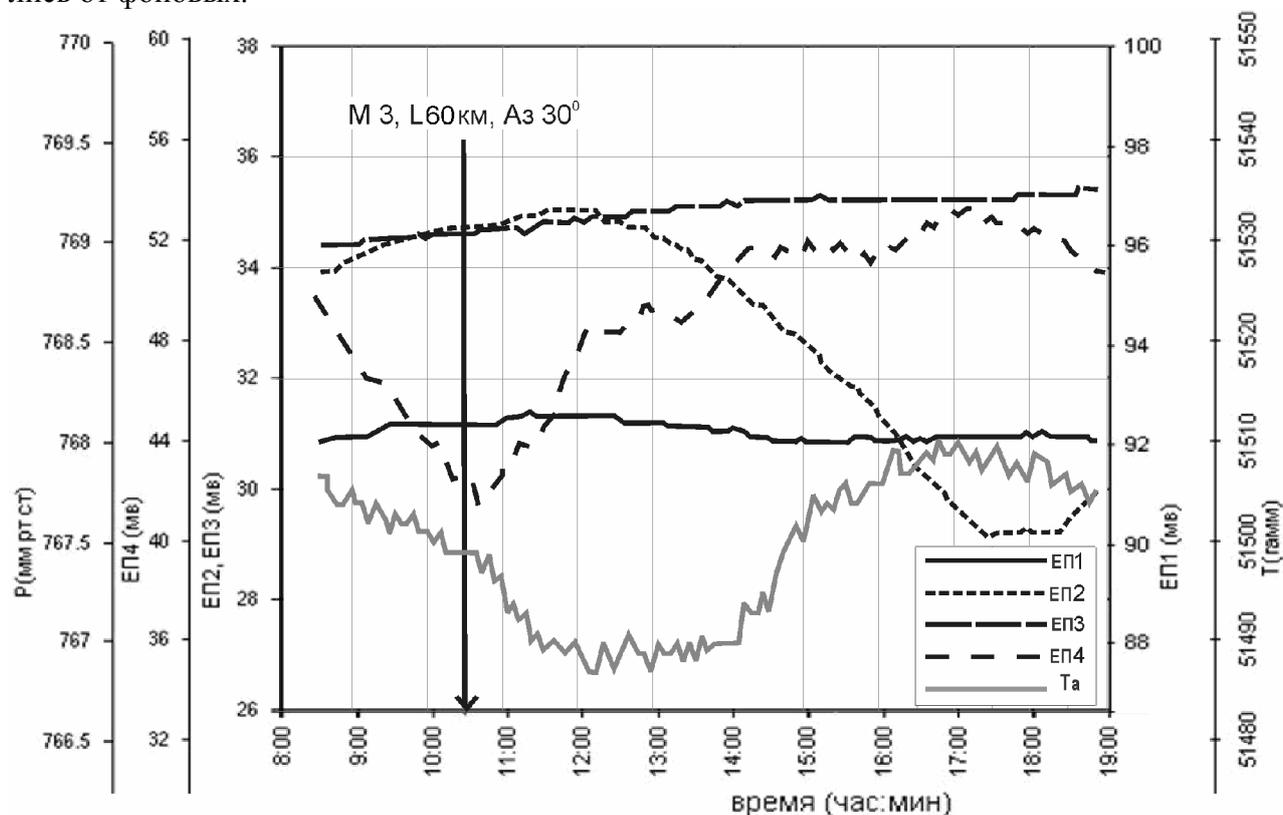


Рис.4. Пример состояния геофизических полей в период землетрясения 17.10.2008 г.

В термальном поле зафиксировано повышение температуры до 0.05 градуса за 1.5 часа до события, напряженность геомагнитного поля к моменту события понизилась на 5-7 нТл за 1 час до события.

Выводы

1. Залежь УВ расположенная в зоне влияния активного тектонического разлома является индикатором геодинамических процессов протекающих как внутри нее, так и за ее пределами.
2. По комплексу признаков временных изменений геофизических полей, контур продуктивности залежи УВ, на поисковом объекте, может быть определен на местности.
3. Возмущения геофизических полей над залежью УВ начинается за несколько часов до сейсмического события, если его эпицентр удален более чем в 350 км от пункта наблюдений, и ранее чем за сутки, если он расположен в радиусе около 100 км.
4. Для получения информативных сигналов - предвестников сейсмических событий может быть использована неподверженная техногенному воздействию залежь углеводородов, расположенная в зоне влияния активного тектонического разлома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланже Б.А. Влияние изменения во времени гидрогеологических факторов на силу тяжести. Повторные гравиметрические наблюдения. М., 1986. –С. 4-23.
2. Волгина А.И. О влиянии миграции флюидов на изменение силы тяжести. Повторные гравиметрические наблюдения. –М., 1988. –С. 181-185.
3. Волгина А.И. Результаты изучения временных изменений гравитационного поля. Геология нефти и газа. –1990. -№ 3. –С. 36-37.
4. Довбня Б.В., Зотов О.Д., Мострюков А.О., Щепетков Р.В. Электромагнитные сигналы во временной окрестности землетрясений. Физика земли. 2006. №8. С. 60-65.
5. Осадчий В.Г., Лурье А.И., Ерофеев В.Ф. Геотермические критерии нефтегазоносности недр. – Киев: Наук. Думка, 1976. – 142 с.
6. Паровышний В.А., Веселов О.В., Сеначин В.Н., Временные изменения геофизических полей над газосодержащими геодинамическими системами. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2005, 50 с.
7. Паровышний В.А., Веселов О.В., Сеначин В.Н., Кириенко В.С. Временные изменения геофизических полей над газовой залежью (о.Сахалин) //Тихоокеанская геология – 2008, т.27, №4, с.3-14.

УДК 550.34.343+528.3

Пути решения проблемы прогноза землетрясений

А.К. Певнев. Тел. 4991526193. Факс 4992556040. E-mail: apevnev-an@mail.ru

Институт физики Земли РАН, Москва, Россия.

Как известно, существующая методология решения проблемы прогноза землетрясений базируется не на обнаружение прямых признаков, прямых указателей того, что в данном конкретном объеме горных пород идет процесс подготовки очага землетрясения, а на определение местоположения такого очага методами решения обратных задач по набору разрозненных аномалий в различных полях. Предполагалось, что благодаря таким исследованиям можно будет установить детерминированные функциональные зависимости между исходными данными (указанными аномалиями) и искомым решением (источником этих аномалий – готовящимся очагом землетрясения), отвечающие условиям корректно поставленной задачи. Однако результаты длительных и интенсивных исследований опровергли эти ожидания – проблема находится в тупике.

Почему же рассматриваемая методология непригодна для решения проблемы прогноза землетрясений? Это обусловлено строением, структурными и механическими свойствами

земной коры. Рассмотрение начнем с предположения о том, что очаг землетрясения формируется в неких идеальных условиях: в сплошной, однородной и изотропной среде, а также в благоприятной фоновой обстановке, в предположении что измеряемые аномалии порождены исключительно готовящимся очагом землетрясения. Вполне возможно, что в этом случае рассматриваемая задача и была бы корректной и ее решение позволило бы определить точное местоположение искомого источника аномалий (очага) без чего проблему решить невозможно [1-2].

Однако что собой в действительности представляет так называемая реальная геофизическая среда, в которой зарождаются, созревают и разрушаются очаги коровых землетрясений? Это не сплошная, неоднородная, не изотропная и разбитая на блоки разной крупности среда. Согласно [3] геофизическая среда это активная, нелинейная, изменяющаяся во времени среда. Изменения в состоянии среды приводят к чередованию порядка и хаоса в происходящих в ней процессах. Здесь крайне уместно сослаться на следующие соображения:

«Среда может находиться в различных метастабильных состояниях с несколькими положениями равновесия. Порядок проявляется в виде ритмов. При хаотизации процесс носит случайный характер... Смена порядка и хаоса обуславливает нестационарность пространственно-временных структур. Величины временных ритмов варьируют от секунд до сотен миллионов лет в определенных иерархических рамках» [4, с.8].

Указанные качества реальной среды не позволяют решить проблему точного прогноза местоположения готовящегося очага землетрясения, так как благодаря этим качествам при подготовке очага происходит существенное увеличение размеров локального поля напряжений Сен-Венана и существенные нарушения его структуры, т.е. имеет место явление «размывания» очертаний очага. Благодаря этому возникает эффект кажущегося существенного увеличения его действительных размеров, так как рождаемые готовящимся очагом аномалии возникают в объеме горных пород, намного превосходящим реальные размеры зреющего очага землетрясения. К тому же в настоящее время нет надежных фильтров, позволяющих производить выборку аномалий, порождаемых лишь исследуемым очагом, что конечно же вносит еще большую неопределенность в определении местоположения готовящегося очага землетрясения.

Таким образом, есть основания считать, что указанное «размывание» размеров очага в реальной среде и отсутствие фильтров для достоверной выборки аномалий, порождаемых лишь искомым очагом делает поставленную задачу некорректной. Правомерность изложенных соображений подтверждена экспериментально – долговременные интенсивные исследования, нацеленные на решение проблемы методикой «аномалий», закончились безрезультатно – проблема находится в тупике.

Многие причину «неуспеха» стратегии аномалий видят в дефектах наблюдательных систем – их разреженности. Полагают, что стратегия аномалий заработает, если прогнозная система будет существенно сгущена. Представление о том, что исключить влияние указанных причин, т.е. некорректную задачу перевести в разряд корректно поставленных задач можно существенным сгущением пунктов наблюдений, является заблуждением. Это наглядно продемонстрировало непредсказанное Калифорнийское землетрясение 1989 г., которое произошло в середине самой густой в мире наблюдательной сети. Здесь уместно сослаться на следующие соображения: “Долгое время работы по прогнозу землетрясений ориентировались в основном на расширение системы наблюдений. Калифорнийское землетрясение наглядно показало нам, насколько этого недостаточно. Оно произошло в середине самой мощной в мире наблюдательной сети, с тысячами датчиков, телеметрией, полной компьютеризацией” [5].

Все изложенное выше дает нам право признать доказанной несостоятельность используемой в настоящее время стратегии «аномалий» (метод обратных задач) для решения проблемы прогноза землетрясений. Высказанные критические соображения не являются оригинальными [6-7].

Итак, в настоящее время препятствием на пути решения проблемы прогноза землетрясений является невозможность осуществления прогноза места методами решения обратных задач. Означает ли это тупик в решении рассматриваемой проблемы? Отнюдь нет, так как осуществление прогнозов места очага сильного корового землетрясения и его максимальной силы возможно **решением прямых задач**. Эти прогнозы можно осуществлять с помощью деформационно-геодезического метода, предложенного более 20 лет тому назад [8].

Рассмотрение вопроса о возможностях геодезического метода в осуществлении точного прогноза места готовящегося очага землетрясения и его максимально возможной силы начнем с анализа экспериментальных данных, представленных на рис.1.

На этом рисунке представлены данные повторных триангуляций, выполненных в эпицентральных зонах после случившихся сильных землетрясений. Вертикальные линии – сейсмогенные разломы, по которым произошли горизонтальные подвижки при землетрясениях. Зафиксированные смещения пунктов триангуляции показаны точками; масштаб смещений показан на вертикальной оси. На горизонтальной оси отложены расстояние этих пунктов от разлома. На всех пяти графиках прослеживается одна и та же закономерность – смещения максимальны вблизи разлома и очень быстро (экспоненциально) убывают с удалением от него. Причина появления указанной закономерности смещений пунктов триангуляции демонстрируется рис.2.

На рис.2А показан один и тот же участок сейсмогенного разлома (вертикальная линия) в три момента: t_0 , t_1 и t_2 , соответствующих различным напряженным состояниям горных пород. Направление тектонических смещений на разломе показаны стрелками. Момент t_0 - в горных породах отсутствуют сейсмогенные напряжения, что показано прямой ab . Момент t_1 – горные породы предельно упруго напряжены: кривая ab . Момент t_2 – положение горных пород после землетрясения; сейсмогенные напряжения сняты, горные породы распрямились в два прямолинейных отрезка.

Рис.2Б отличается от рис.2А лишь тем, что в момент t_1 добавлена прямая cd , представляющая собой прямолинейное геодезическое построение (геодезический профиль).

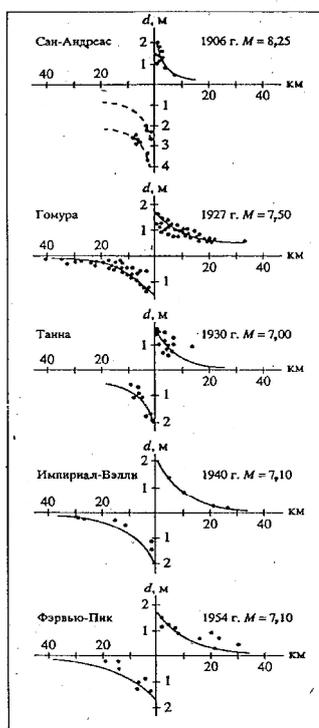


Рис.1. Реальное распределение смещений пунктов триангуляции (d) в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от разломов.

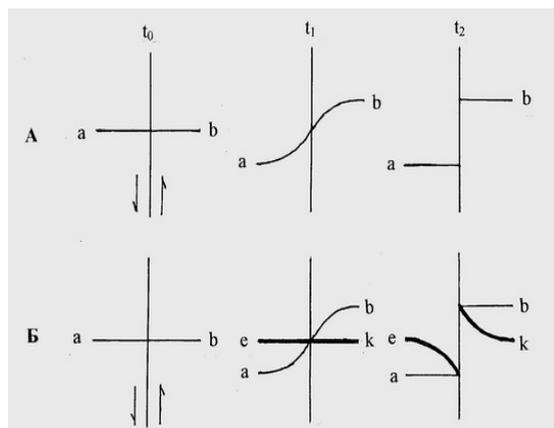


Рис.2. Объяснение явления экспоненциального распределения смещений геодезических пунктов в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений.

С рассматриваемых нами позиций наибольший интерес представляет положение и форма нарисованной нами прямой cd (геодезический профиль) в момент t_2 . Как видно из рисунка они совершенно соответствуют экспериментальным кривым рис.1. Поэтому есть все основания говорить о том, что в приведенных на рис.1 случаях исходные триангуляционные измерения были выполнены над уже готовящимися очагами землетрясений, т.е. в них уже были накоплены сейсмогенные напряжения. Если бы это было не так, то первоначально прямолинейный геодезический профиль при землетрясении был бы лишь разорван на линии разлома, но не испытал никаких искривлений, а представлял бы собой два прямолинейных отрезка, аналогичных поведению горных пород в момент t_2 .

Таким образом, имеющиеся данные повторных геодезических измерений убедительно свидетельствуют в пользу того, что в процессе подготовки очага корового землетрясения участвует и земная поверхность. В этом нет ничего удивительного, так как она является верхней границей сейсмогенного слоя земной коры - самого верхнего слоя земной коры мощностью 10-25 км.

Итак, согласно выполненному анализу у нас есть все основания говорить о том, что в процессе подготовки очага корового землетрясения участвует и земная поверхность благодаря чему и появляется возможность использования прямого метода для обнаружения местоположения готовящегося очага землетрясения и определения его размеров. Отслеживать прямые признаки подготовки очага землетрясения можно с помощью деформационно-геодезического метода, что и **открывает путь к точному прогнозу места готовящегося очага землетрясения и прогнозу максимальной силы**, которую он способен породить (по размерам очага, так как размеры и сила связаны функционально).

Методики реализации указанных прогнозов места и силы подробно изложены в [8-10] и поэтому здесь с целью сокращения объема статьи не рассматриваются.

Что касается прогноза времени землетрясения, то в отличие от прогнозов места и силы главным препятствием на пути его осуществления является незнание реальных закономерностей процессов разрушения очагов. А так как в настоящее время среди методов прогноза нет ни одного, способного достоверно определить эти закономерности, то единственным правильным решением поиска таких закономерностей является широкое комплексирование методов, т.е. создание специальных комплексных прогнозных систем. Из смысла решаемой задачи следует, что такие комплексные системы должны иметь разрешения, достаточные для отслеживания в различных полях, тонкой структуры процесса разрушения горных пород в сейсмогенном слое земной коры.

В этой связи следует особо подчеркнуть значение заблаговременных осуществлений прогнозов места и силы готовящегося очага землетрясения для положительного решения прогноза времени его реализации. Только в этом случае открывается возможность проводить комплексные исследования не в случайно или недостаточно обоснованно выбранных местах, а непосредственно над реально существующим очагом готовящегося землетрясения, что позволит осуществлять регистрацию даже очень слабых и быстро затухающих с удалением от их источника аномалий, порождаемых этим очагом. В этом случае, еще даже и до установления законов разрушения очагов, можно рассчитывать на то, что коллективное поведение аномалий в различных полях явится достаточно объективным показателем приближающейся катастрофы и позволит своевременно принять необходимые меры безопасности.

Заблаговременное обнаружение готовящихся очагов землетрясений позволит создавать компактные комплексные системы наблюдений с разрешением достаточным для изучения тонкой структуры развития процессов разрушения в этих очагах, то есть для определения закономерностей протекания этих процессов. Таким видится **прямой путь к прогнозу времени землетрясений**.

Заключение

Возможно ли в настоящее время решение проблемы практически значимого прогноза землетрясений? Да, возможно. Для этого нужно в корне изменить отношение к геодезическому методу. До сих пор он и мыслился и использовался лишь как один из многих для обнаружения разрозненных деформационных аномалий.

Совершенно очевидно, что получить ответы на все три главных вопроса – где, какой силы и когда, можно только при разумным сочетанием в решении проблемы прогноза землетрясений методов прямых и обратных задач. После того как прямыми методами будет обнаружен готовящийся очаг землетрясения и определены его размеры на нем нужно будет создавать систему комплексных очаговых наблюдений, которая позволит исследовать тонкую структуру процессов, происходящих в очаге на разных стадиях его развития. Это и позволит приблизить решение проблемы прогноза времени землетрясений.

Крайне существенно, что геодезический метод позволяет обнаруживать готовящиеся очаги сильных коровых землетрясений заблаговременно: практически с самого зарождения очага, т.е. за десятки и более лет до землетрясения. Заблаговременное обнаружение очагов землетрясений позволит: 1) приступить к исследованиям, нацеленным на решение проблемы прогноза времени землетрясения с удовлетворяющей практические цели точностью; 2) осуществлять рациональное планирование хозяйственной деятельности на потенциально опасной территории; 3) приступить к опробованию методов искусственного воздействия на зреющий очаг с целью безопасного снятия накапливаемых в нем сейсмогенных напряжений.

Таким образом, наиболее обоснованной и перспективной можно считать следующую стратегию прогнозных исследований.

На выбранных по тем или иным практическим (города, АЭС, химические заводы и др.) или научным соображениям участках сейсмогенных зон создаются геодезические прогнозные сети, способные решать задачу прогнозов места и силы землетрясения, а затем в местах обнаруженных готовящихся очагов организуются нацеленные на прогноз времени наблюдательные сети комплексных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.П. Землетрясения, их соотношение с другими явлениями природы. Заметки по поводу землетрясений 1887 года. Казань, 1887, 170 с.
2. Горшков Г.П. Александр Петрович Орлов (из истории русской сейсмологии). Изд-во АН СССР, 1955, с.62.
3. Садовский М.А., Николаев А.В. Новые методы сейсмической разведки: Перспективы развития // Вест. АН СССР. 1982. №1. С.57-64.
4. Гамбурцев А.Г., Александров С.И., Беляков А.С. и др. Атлас временных вариаций природных процессов. Порядок и хаос в литосфере и в других сферах. Том 1. М.: 1994. 196 с.
5. Кейлис-Борок В.И. До аплодисментов еще далеко// Известия. №307. 2 нояб.1989 г.
6. Кондратьев О.К. Разведочная геофизика с целью прогноза землетрясений // Геофизика. 1995. N3. С.19-25.
7. Лукк А.А., Дещеревский Ф.В., Сидорин А.Я., Сидорин И.А. Вариации геофизических полей как проявление детерминированного хаоса во фрактальной среде. М.: ОИФЗ РАН. 1996. 210 с.
8. Певнев А.К. Прогноз землетрясений - геодезические аспекты проблемы // Изв.АН СССР. Физика Земли. 1988. N12. С.88-98.
9. Певнев А.К. Предсказывать землетрясения можно// Вестник РАН, 1998, том 68, № 11, с.999-1006.
10. Певнев А.К. Пути к практическому прогнозу землетрясений. М.: ГЕОС. 2003. 153 с.

УДК 551.14

Гетерогенность земной коры морей Западной Атлантики по магнитометрическим данным

А.А. Петрова, Л.А. Баткова

тел.:(812)323 78 45, факс: (812)310 50 35, E-mail:petrova@rambler.ru

Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Санкт-Петербург, Россия

Целью данной работы является изучение особенностей глубинного строения морей западной части Атлантического океана на основе анализа геомагнитного поля. Работа направлена на исследование характера распределения магнитных и слабомагнитных неоднородностей земной коры на примере Норвежского, Северного, Балтийского и Средиземного морей. Это дает основу для геофизического моделирования литосферы Европейской части Атлантического океана с учетом латеральных и вертикальных закономерностей распределения намагниченности пород.

В настоящее время по сейсмическим данным накоплен значительный опыт по созданию геофизической модели глубинного строения земной коры. Одним из наиболее важных моментов является обнаружение в коре континентов внутрикоровых волноводов в диапазоне глубин $H=5-8$ км, $9-15$ км и $30-40$ км [1-2]. Эти слои характеризуется пониженной скоростью сейсмических волн и пониженным электрическим сопротивлением. В данной работе проведены исследования гетерогенности земной коры морей Западной части Атлантики по результатам анализа магнитометрических измерений.

В качестве исходных данных использованы измерения модуля и компонент геомагнитного поля, выполненные в рамках международного проекта на немагнитной шхуне «Заря» за период 1955–1980 г.г. [3–5]. Здесь приведены результаты по четырем протяженным галсам, пересекающим Норвежское, Северное, Балтийское и Средиземное моря (рис.1).

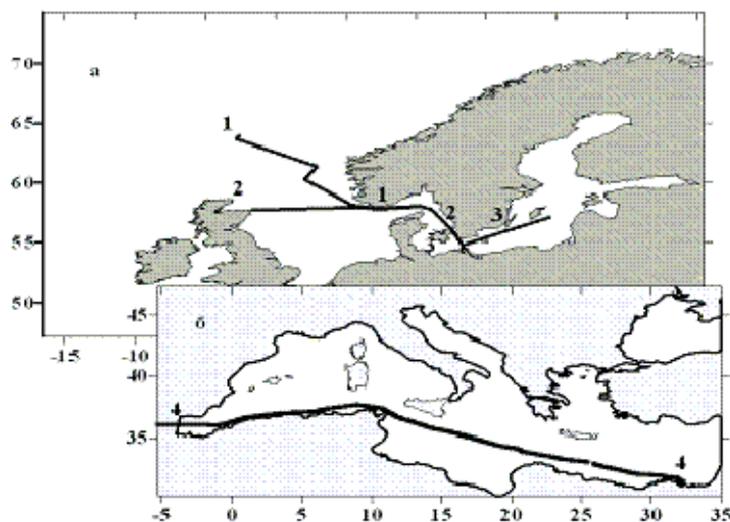


Рис.1.

Схема расположения профилей №№1-4 НИС «Заря» в западной части Атлантического океана:

а) Норвежское, Северное, Балтийское моря;

б) Средиземное море

Геомагнитное поле широко применяется для расчетов глубины поверхности магнитного фундамента, картирования интрузий и других магнитных неоднородностей, создающих магнитные аномалии. Однако слабомагнитные и немагнитные геологические образования осадочного чехла и фундамента, а также породы, потерявшие намагниченность в результате высокотемпературных процессов в земной коре, плохо поддаются количественной интерпретации. Это затрудняет применение магнитного поля для исследования строения земной коры, так как в верхней части коры осадочный чехол представлен слабомагнитными толщами, а в пределах средней и нижней частях коры, а также в очагах разогрева, происходят изменения магнитных свойств пород под воздействием высоких температур. Для расчленения пород осадочного чехла и картирования слабомагнитных глубинных образований нами пред-

ложена методика спектрально-пространственного анализа (СПАН) [6–9]. Спектрально-пространственное представление магнитного поля позволяет выявить как магнитные, так и немагнитные образования. Это дает возможность проследить пути миграции высокотемпературных флюидизированных потоков и оценить латеральную и вертикальную неоднородности земной коры. Результаты представляются в виде геомагнитного разреза вдоль профиля. Магнитные образования проявляются на геомагнитном разрезе в виде областей максимумов, а слабомагнитные толщи в виде областей минимумов на соответствующих участках профиля (рис.2-5). Геомагнитный разрез позволяет оценить степень вертикальной раздробленности и горизонтальной расслоенности осадочного чехла и фундамента на основе изменчивости магнитных свойств горных пород и зависимости параметров спектральной структуры магнитного поля от глубины залегания тел. Таким образом, появляется возможность увидеть относительное распределение намагниченности между разными комплексами, и осуществить литолого-стратиграфическую идентификацию маркирующих горизонтов. Это позволяет сопоставить местоположение магнитных и слабомагнитных образований с положением маркирующих горизонтов сейсмических разрезов, т.е. оценить скоростные, плотностные и магнитные характеристики пород отдельных горизонтов. Тектонические нарушения и характер сочленения разных блоков земной коры проявляются в виде контрастных контактов пород разной намагниченности.

На основе результатов СПАН геомагнитного поля построены глубинные геомагнитные разрезы Норвежского, Северного, Балтийского и Средиземного морей. Длина профилей и детальность морской съемки позволили провести расчеты для интервала глубин от 0.5 до 25–30 км с погрешностью 10–15%.

Профиль №1 идет из Северного в Норвежское море, где пересекает осевую часть рифтогенной впадины (грабен Вигинг) с осадочным чехлом мощностью более 8 км и утоненной корой (рис.1-а, 2). На геомагнитном разрезе внутренняя часть грабена содержит маркирующие горизонты в виде линз пониженной намагниченности. Линзы фиксируются в толще пород осадочного чехла (интервал глубин $H=3-7$ км), и в фундаменте в интервале $H=8-12$ км. Субвертикальная неоднородность магнитных горизонтов, особенно вне грабена, выражена на глубинах менее 8 км. Латеральная слоистость начинается с глубины около 8–9 км.

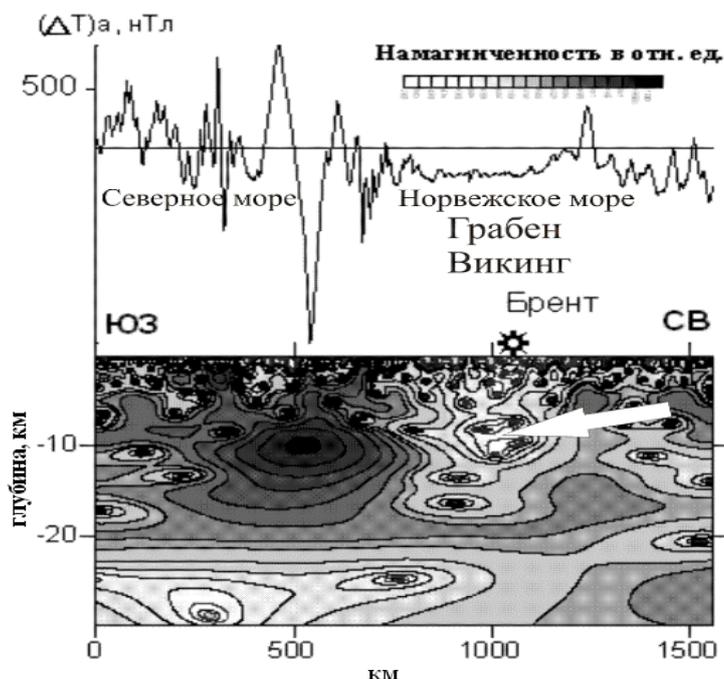


Рис.2. Геомагнитный разрез через Северное и Норвежское моря по профилю №1.

⚙️ - газонефтяное месторождение

Расслоенность низов земной коры проявляется в виде субгоризонтальных границ, отделяющих магнитные слои от слабомагнитных линз, расположенных в интервалах глубин $H=15-18$ км и $H=20-28$ км.

Субширотный профиль №2 в Северном море проходит от побережья Британии до Датского полуострова (рис.1-а, 3). Он пересекает грабен Фортиз (фундамент на $H=8$ км), и Центральный грабен (фундамент на $H=8-10$ км). В зонах грабенов слабомагнитные линзы выявляются в толще осадочного чехла ($H=2-5$ км) и в фундаменте ($H=8-10$ км и $H=11-12$ км).

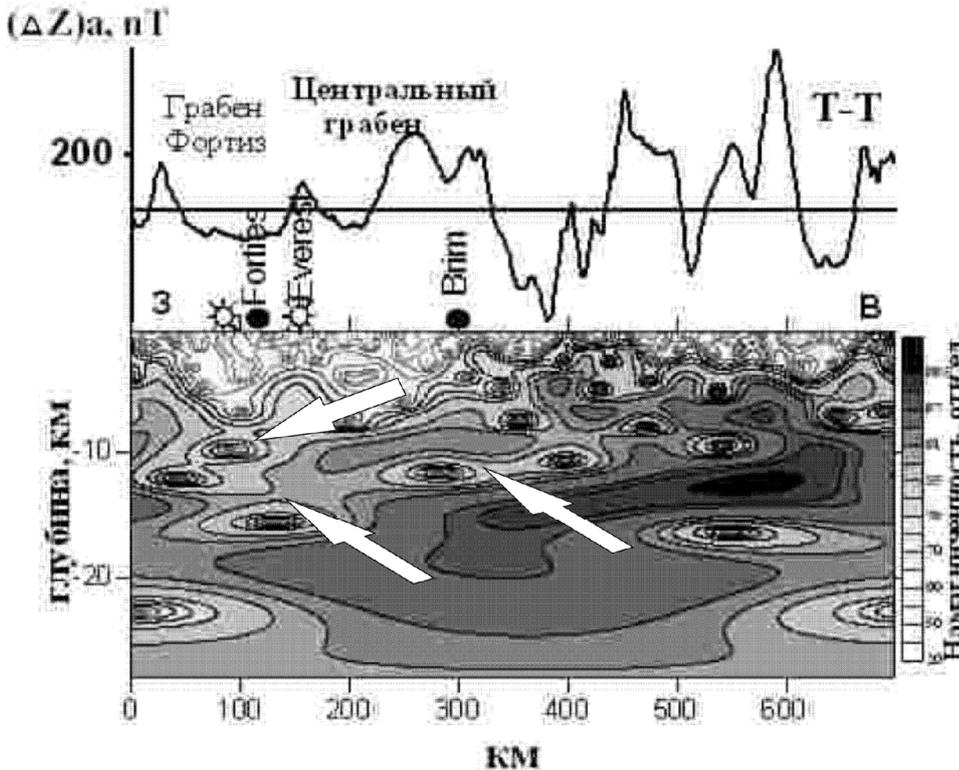


Рис.3. Геомагнитный разрез вдоль профиля №2 в Северном море.

Месторождения:
 ● - нефтяное
 ⚙ - газовое

В интервале глубин $H=10-12$ км расположен слабомагнитный слой мощностью около 2км, прослеживающийся на расстоянии около 200 км от Центрального грабена до побережья Скандинавии (рис.3). Средняя и нижняя кора в зоне грабенов и в восточной части профиля вблизи глубинной разломной зоны Тейссейра-Торнквиста (Т-Т) осложнена слабомагнитными линзами на глубинах $H=15-18$ км и $H=20-25$ км [10].

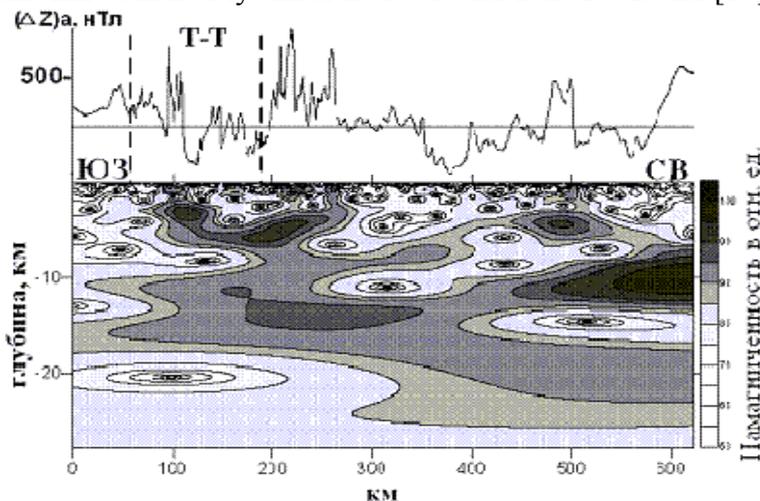


Рис.4. Разрез в Балтийском море, профиль №3. Геомагнитный разрез, построенный по вертикальной компоненте $(\Delta Z)_a$. Пунктирные линии – зона Тейссейра-Торнквиста.

Эту зону Т-Т в южной части Балтийского моря пересекает профиль 3, идущий из Датско-Польского прогиба до середины о. Готланд (рис.1-а, 4). Фундамент восточного борта линеймента Т-Т содержит магнитные неоднородности, имеющие чешуйчато-надвиговой характер сочленения со слабомагнитными образованиями западного сегмента в интервале глубин от 2 до 8 км. Магнитные образования восточного борта Т-Т, расположенные на глубинах $H=1,5-3,5$ и $4-8$ км, наклонены на юго-запад, однако нижележащие ($H=10-15$ км) магнитные и сла-

бомагнитные горизонты имеют уже почти горизонтальное залегание. В средней части коры линза немагнитных образований залегает на глубине 18–25 км.

Таким образом, вертикальная неоднородность отдельных блоков, отражающая их магнитные свойства и особенности сочленения, в Северном и Балтийском морях проявляется в верхней части коры до глубины 8 км. Линзовидно-слоистое строение по магнитометрическим данным наблюдается, начиная с глубины около 8–13 км. Наиболее ослабленные зоны с пониженной намагнитченностью приурочены к глубинным разломам зоны Т-Т и к грабенам (Фортиз, Центральному и др.). По сейсмическим данным земная кора обеих акваторий относится к промежуточному типу.

В Средиземном межматериковом море Атлантического океана характер сочленения блоков, отличающихся магнитными свойствами, проявляется более четко. Вертикальная неоднородность распространяется на большие глубины (до 15 км), и в зоне Африкано-Сицилийского порога достигает 35 км (рис.1-б, 5). Латеральная слоистость магнитных горизонтов в Западном Средиземноморье и Центральном бассейне наблюдается с глубины около $H=10$ км, при этом линзы немагнитных пород фиксируются с глубин $H=12-15$ км. В пределах Балеарской и Левантской глубоководных котловин расслоенность слабомагнитных горизонтов просматривается внутри глубинных проницаемых зон в диапазоне от $H=8$ км до 30 км в Балеарском море и глубже 40 км в Восточном Средиземноморье.

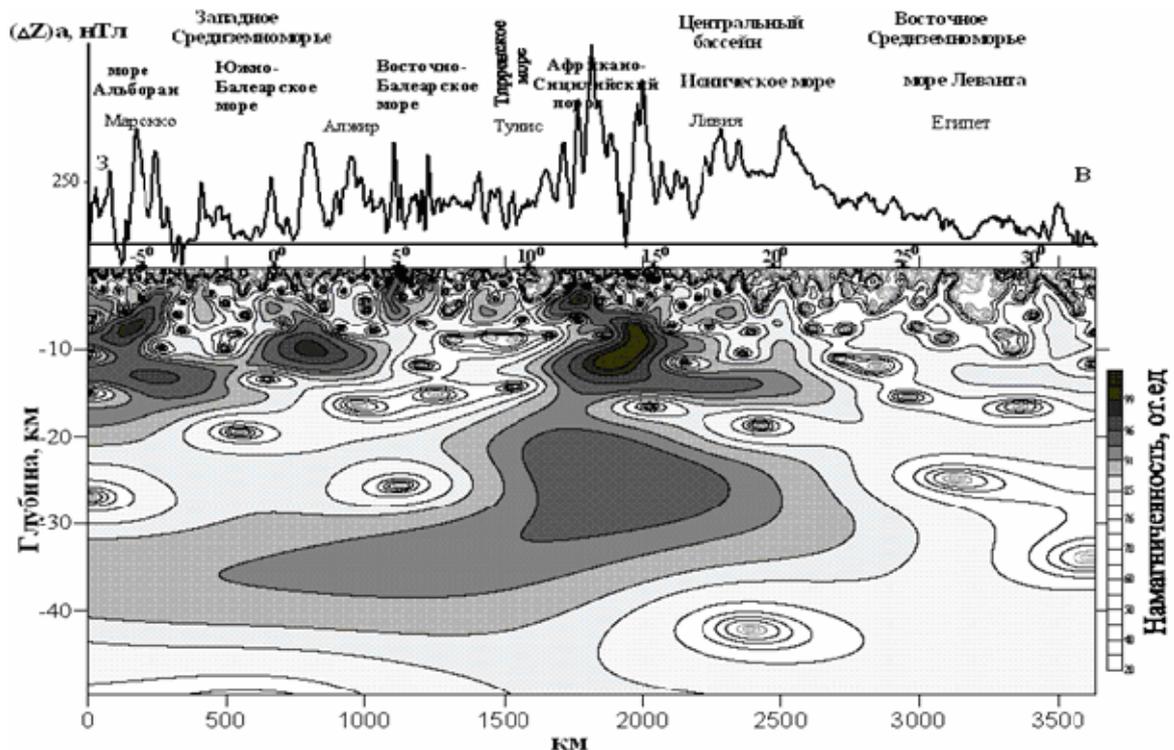


Рис.5. Субширотный геомагнитный разрез в Средиземном море по профилю №4

По сейсмическим данным в Западном Средиземноморье строение земной коры относится к океаническому типу, а в Балеарской глубоководной котловине - к переходному типу коры. Для глубоководной котловины Восточного Средиземноморья (море Леванта) предполагается субконтинентальный тип строения земной коры [11].

Результаты, полученные по магнитометрическим измерениям, при совместном использовании с сейсмическими материалами и данными электромагнитного зондирования играют существенную роль для выяснения природы особенностей среднего слоя земной коры, а также прогнозирования возможного теплового режима разных частей литосферы, состава и состояния глубинного вещества.

Заключение

В работе приведены исследования гетерогенности земной коры Норвежского, Северного, Балтийского и Средиземного морей Европейской части Атлантического бассейна по результатам анализа магнитометрических измерений. Они показали следующее:

- вертикальная неоднородность земной коры морей наблюдается в верхней части до глубины $H=8-10$ км;
- латеральная неоднородность литосферы морей фиксируется по магнитным данным с глубин 8-10 км и широко проявляется в средней и нижней частях земной коры;
- в средней части земной коры обнаружены протяженные субгоризонтальные линзы слабомагнитных образований, что подтверждает наличие в интервале глубин $H=20-28$ км специфического ослабленного слоя;
- в литосфере морей выделены глубинные проницаемые зоны, тяготеющие к разломам и грабенам, характеризующиеся наличием системы слабомагнитных линз во всех частях земной коры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленкова Н.И. Флюидная концепция глобальной геотектоники. // Дегазация Земли, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. М. ГЕОС, 2002, с.58-60.
2. Николаевский В.Н. Трециноватость земной коры как ее генетический признак. // Геология и Геофизика, 2006, Том 47, № 5, с. 646-656.
3. Иванов М.М. Изучение магнитного поля Земли по результатам измерений на шхуне «Заря». // Вестник АН, 1973, № 10, с.38-48.
4. Касьяненко Л.Г., Лизунова М.М., Голуб Д.П. Гидромагнитная трехкомпонентная съемка Северного моря на НИС «Заря» и ее картографическое представление. // Препринт. М, 1982, 18С.
5. Demina I., Kasyanenko L., Sas-Uhrynowski A., Welker E. Atlas of the magnetic maps of the Baltic Sea. Warsaw, 1998.
6. Петрова А.А. О влиянии рельефа фундамента на спектральную структуру аномального магнитного поля континентальных и океанических регионов. // Геомагнитное поле и внутреннее строение Земли. М.: ИЗМИРАН, 1980 с.137-144.
7. Petrova A.A., Kolesova V.I., Domaratskij S.N. The Space-Spectral Analysis Method in Applied Geophysics. Russian Airborne Geophysics and Remote sensing. Coleden, Colorado, 1992, с.525-534.
8. Петрова А.А., Колесова В.И Авторское свидетельство № 1289232 на изобретение «Способ геофизической разведки». 1986 г.
9. Мавричев В.П., Петрова А.А., Травников В.П. Расчленение осадочного чехла по аэромагнитным данным // Труды ВНИГРИ. Л. 1982 с.50-59.
10. Петрова А.А., Демина И.М. Глубинное строение зоны Торнквиста в пределах Балтийского моря по результатам компонентных измерений геомагнитного поля. Материалы XIV конф. «Связь поверхностных структур земной коры с глубинными», Петрозаводск, 2008, с.107-111.
11. В.Н.Москаленко. Строение земной коры Средиземного моря по сейсмическим данным. М, Наука, 1981, 110 С.

УДК 551.24+578.2

Строение Северо-Западного Кавказа по геофизическим данным

В.И.Попков (тел/факс 861 2199634, geoskubsu@mail.ru)

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Территория Северо-Западного Кавказа уже на протяжении многих десятилетий рассматривается как перспективная на нефть и газ. Наиболее интересный объект – нижнемело-

вые отложения. Помимо общегеологических предпосылок и теоретических обоснований их перспективности прямым указанием на вероятную продуктивность разреза служат достаточно многочисленные нефтегазопроявления в процессе бурения и проведении опробовательских работ в скважинах, а также высочайшие притоки воды, достигающих несколько тысяч кубических метров в сутки. Последнее говорит о наличии горизонтов с благоприятными коллекторскими свойствами и ловушек в отложениях нижнего мела. Однако проведение геологоразведочных работ сдерживается из-за отсутствия достаточно подготовленных объектов для постановки глубокого бурения.

Очевидно, что успешный поиск скоплений углеводородов (УВ) в сложнодислоцированных зонах и комплексах в значительной степени зависит от того, насколько наши представления об их структуре и возможных типах ловушек будут близки реальным условиям. То, что рассматриваемая территория является достаточно сложно построенной, не вызывает сомнения. В тоже время, если обратиться к структурным построениям, используемым в практике геологоразведочных работ, то структурные карты напоминают тектоническую картину, свойственную платформенным областям. Практически все структурные карты и разрезы составлены на основе упрощенных фиксистских представлений, отрицающих крупноамплитудные латеральные перемещения. Если при их рисовке и предусматривалась возможность каких-то незначительных горизонтальных перемещений масс горных пород, то такие разрезы не были сбалансированы, а значит они не палинспастичны, геометрически неверны и требуют пересмотра.

Многие специалисты считают, что образование складок связано с дифференцированными движениями вертикальных блоков земной коры. Соответственно с этим совершенно логично делается вывод, что складке в верхних горизонтах будет отвечать в плане примерно такая же и в более древних отложениях. Это малообоснованное допущение часто используется при выборе местоположения скважин, бурящихся на более глубоко залегающие объекты, что, как будет показано ниже, совершенно недопустимо.

Для получения объективной геологической ситуации были проанализированы сейсмические материалы, полученные на отдельных площадях Северо-Западного Кавказа в прошлые годы, а также данные гравиразведки, глубокого бурения и геологической съемки. При выделении складчатых и разрывных дислокаций, помимо волновой картины, зафиксированной на сейсмических разрезах, обязательно принималась во внимание и поверхностная геологическая ситуация, а также данные структурно-картировочного и глубокого бурения. Учитывались при этом и известные морфологические особенности дислокаций горизонтального сжатия (асимметричность антиклиналей, приуроченность их к фронтальным частям надвигов, выполаживание поверхности последних с глубиной и др.).

Выполненные построения позволили получить достаточно надежную информацию о морфологических и кинематических особенностях дизъюнктивно-пликативных дислокаций исследуемого региона, например см. рис. 1 – 2. Составленные разрезы не противоречат ни поверхностной геологии, ни характеру сейсмической волновой картины, ни общей организации структуры Северо-Западного Кавказа, ни общетеоретической концепции строения горно-складчатых систем.

Как можно видеть на прилагаемых разрезах, определяющим типом дислокаций в рассматриваемом регионе являются складчато-надвиговые структуры. Надвиги имеют крутые поверхности сместителей в верхних стратиграфических горизонтах при быстром выполаживании их с глубиной с переходом в субгоризонтальные срывы. Головные части тектонических чешуй во фронтальной части смяты в асимметричные антиклинали, более пологие южные крылья которых перекрываются северными крыльями тыловых надвигов. Эти морфологические особенности надвигов и сопутствующих им антиклиналей обусловлены механизмом их формирования в обстановке тангенциального стресса, а именно: трансформацией горизонтальных тектонических движений в вертикальные во фронтальных частях аллохтонов с образованием характерных складчато-надвиговых дислокаций.

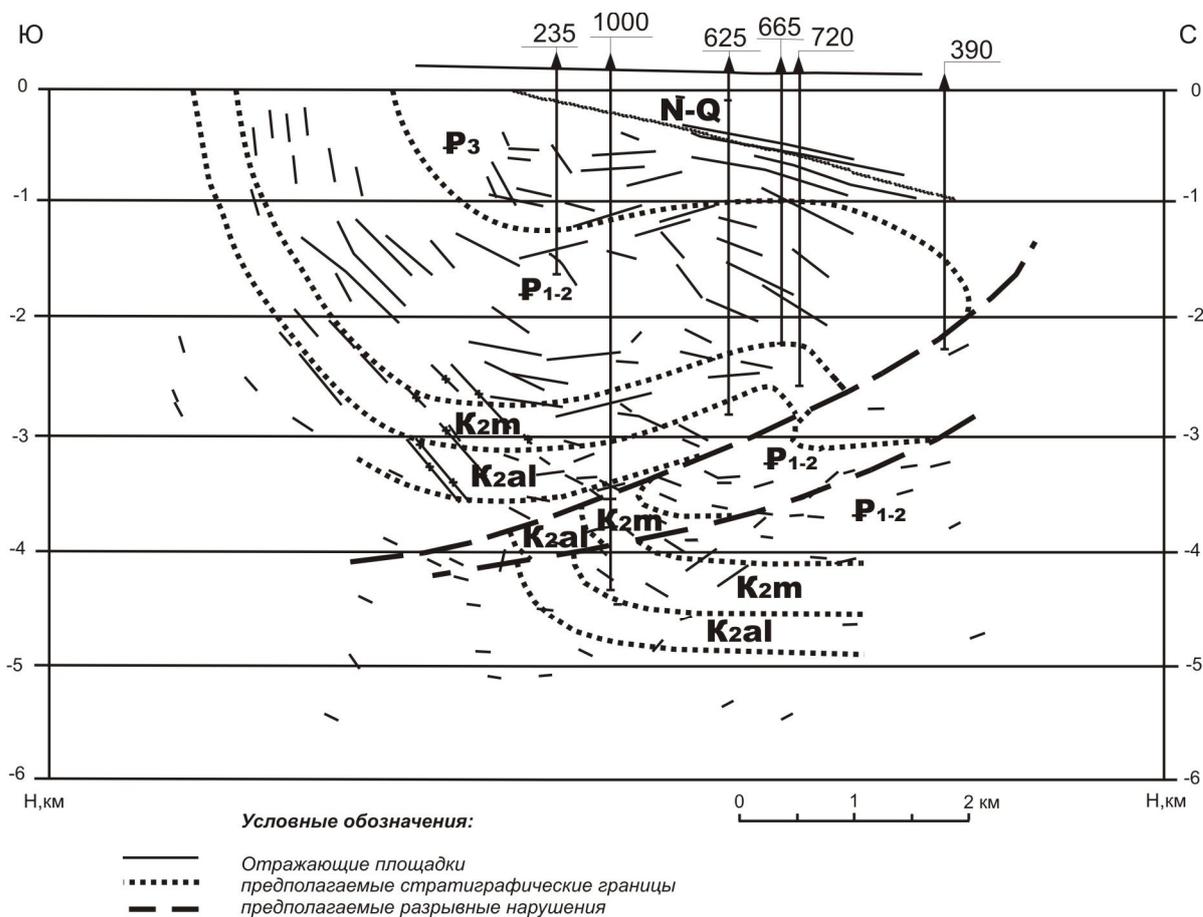


Рис. 1. Сейсмогеологический разрез по линии профиля 057313 (Азовский район).

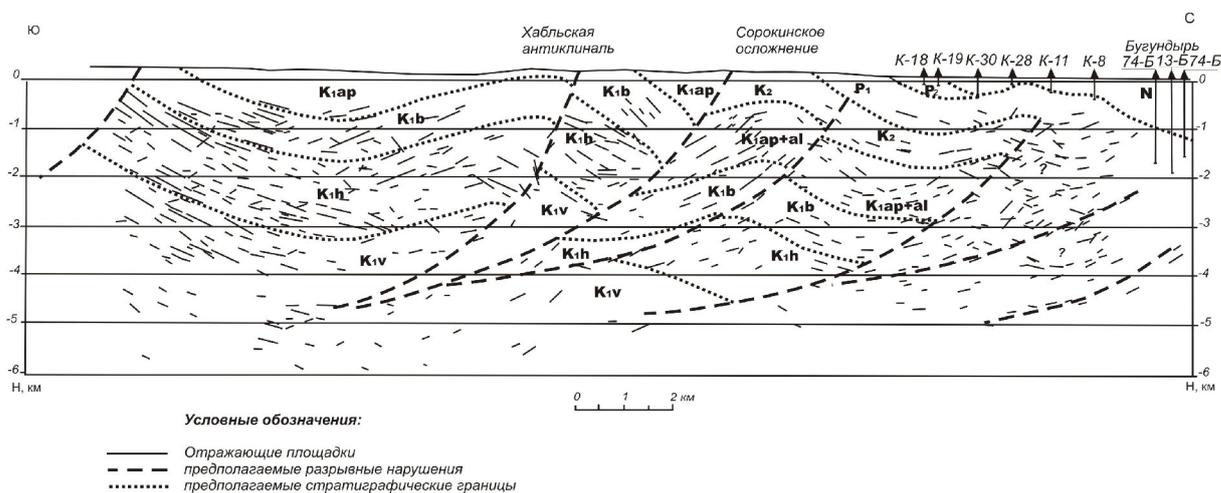


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по линии профиля 057403 (Абинский район).

Можно встретить утверждение, что высокий эффект при поисках антиклиналей в нижнемеловых отложениях рассматриваемой территории может быть достигнут при комплексировании геологической съемки, гравиразведки и сейсморазведки. Для проверки соответствия поверхностной геологической ситуации локальным аномалиям силы тяжести последние были нанесены на геологическую карту. В результате такого сопоставления была установлена крайне низкая коррелятивность локальных аномалий с геологической структурой, основанной на материалах геологической съемки.

Обусловлено это может быть, очевидно, следующими причинами: 1) масштабностью геологической съемки (требуются более детальные наблюдения); 2) определенной погрешностью и неточностями геологических карт, обусловленных слабой обнаженностью территории; 3) различиями структурных планов верхних и более глубоких горизонтов.

Не лучше обстоит дело и при сопоставлении положительных локальных аномалий силы тяжести с известными поднятиями, закартированных по подошве палеоцена и кровле нижнего мела. Имеющие место «нестыковки» планового местоположения антиклиналей с локальными положительными аномалиями силы тяжести могут быть обусловлены недостаточной точностью построений, обусловленной неполнотой геологической информации, несоответствиями структурных планов различных горизонтов, а также стратиграфической привязкой объектов, обуславливающих локальные аномалии и др.

Более того, проведенный анализ структурных построений по различным стратиграфическим уровням позволил установить крайне важное в практическом отношении закономерное смещение в плане сводов поднятий с глубиной. Наиболее четко это наблюдается для структур Собербаш-Гунайского синклинория и Псебепско-Гойтхского антиклинория. К примеру, своды антиклиналей по кровле нижнего мела относительно поднятий, зафиксированных по подошве палеоцена, смещаются к югу 500-800 м. Для столь короткого стратиграфического интервала (верхний мел) смещение следует признать достаточно значительным. Естественно, если сравнивать структуру верхов палеогена и низов меловых отложений, то эти значения окажутся ещё более ощутимыми.

Проведенный структурно-тектонический анализ геолого-геофизических материалов дает возможность, на наш взгляд, ответить на целый ряд вопросов, имеющих важное практическое значение и тем самым наметить пути дальнейших исследований.

1. Представления о складчато-глыбовом строении Северо-Западного Кавказа, о приоритетности вертикальных тектонических движений в формировании его структуры следует считать ошибочными и не отвечающими реальной геологической ситуации.

2. Северо-Западный Кавказ – типичный складчато-надвиговый ороген, структура которого образована в обстановке тангенциального сжатия. Основным типом структур являются надвиги, с которыми генетически связаны складчатые дислокации. При этом надвиги являются первичными, а складки вторичными. Надвиговые нарушения, характеризующиеся даже небольшими горизонтальными перемещениями, как правило, имеют значительную протяженность по простиранию. Поверхности надвигов в плане могут быть ровными или плавно изогнутыми, ломанными или волнистыми. Фронтальные (лобовые) части надвигов в одних случаях пологие, в других крутые (до вертикальных) и даже опрокинутые. Общим свойством всех надвигов является выполаживание их поверхностей с глубиной.

К фронтальным частям надвигов приурочены антиклинальные складки. Характерной их особенностью является линейная их вытянутость. Антиклинали асимметричны с более крутыми крыльями, прижатыми к надвигам. Углы наклона слоев на них колеблются, достигая 80-90°, иногда они даже опрокидываются в сторону движения надвига.

3. Необходимо иметь в виду, что линейные складки, приуроченные к фронту надвига, по мере выполаживания последнего, с глубиной закономерно смещаются в сторону падения плоскости сместителя, могут уменьшаться в амплитуде, вплоть до полного расформирования. Смещение в плане сводов поднятий достигает сотен и более метров. Последний факт крайне важен при постановке глубокого бурения. Основываясь только на структурном плане верхних стратиграфических горизонтов при целевых более глубоких объектах, можно попросту «промахнуться» мимо последних. В тоже время, при недостаточности фактического материала о глубинном строении объекта наличие асимметричного крутого крыла складки может служить указанием на направление падения контролирующего её надвига и планового смещения свода по более древним отложениям.

4. Существует мнение о необходимости поисков поднадвиговых структур на опущенных крыльях надвигов. Следует, однако, отметить, что формирование таких дислокаций разными авторами понимается по-разному. Нередко исследователи считают, что поднадви-

говые складки представляют собой непосредственное продолжение единой антиклинальной структуры, разорванной надвигом. Это мнение основано на ошибочном признании первичности складок и вторичности надвигов. В действительности же поднадвиговые дислокации принадлежат к нижележащей аллохтонной структуре и, следовательно, представляют собой самостоятельные пликативные осложнения подстилающего аллохтона.

5. Помимо традиционных антиклинальных ловушек в меловых отложениях могут представлять поисковый интерес зоны повышенной тектонической трещиноватости, развитой в зонах разрывных нарушений, прежде всего в местах их сближения. Приоритетное значение при этом имеют карбонатные отложения и песчаники.

6. Дальнейшие исследования по изучению перспектив нефтегазоносности Северо-Западного Кавказа должны быть направлены на комплексную переинтерпретацию всего имеющегося геологического материала, включая также данные сейсморазведки, грави- и магниторазведки. К интерпретации сейсмических временных разрезов следует привлечь специалистов, имеющих опыт картирования складчато-надвиговых дислокаций, поскольку традиционный подход к их расшифровке, при неготовности геолога воспринять структуры тангенциального сжатия, приведет к тем же результатам, что и в предыдущие годы. Определенный же объем информации о строении меловых отложений на временных разрезах, даже прошлых лет, имеется. При необходимости комплексную переработку материалов требуется дополнить специальными полевыми структурными наблюдениями. Детальные исследования целесообразно сконцентрировать на наиболее перспективных объектах и участках, в том числе в районах, где были получены крупные притоки воды и установлены признаки нефтегазоносности. Здесь также может быть рекомендована постановка дополнительных сейсморазведочных и высокоточных гравимагнитных работ.

Работа выполнена в рамках проектов 2.1.1/3385 «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», РФФИ: 08-05-00342-а, 09-05-96502-р_юг_а.

УДК 551.24+578.2

Тектоника запада Туранской плиты (по материалам аэромагнитной съемки)

В.И. Попков (тел/факс 861 2199634, geoskubsu@mail.ru)

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Территория полуостровов Мангышлак и Бузачи, а также прилегающих районов Северного Устюрта перекрыта высокоточной аэромагнитной съемкой масштаба 1:50000 с радиогеодезической привязкой маршрутов. Наблюдения велись с помощью аэромагнитных станций КАМ-28 и радиогеодезического зонда. Применение высокочувствительной квантовой аппаратуры позволило выполнить результирующие графические построения с сечением в 2 нТл, т.е. на порядок точнее по сравнению с результатами аэромагнитной съемки масштаба 1 : 200 000, проведенной в 50-х годах прошлого столетия.

Обработка полученного материала осуществлялась на ЭВМ с применением современных программ. Анализ полученного материала позволяет внести весомые коррективы в существующие представления о глубинном строении рассматриваемой территории.

На самом юге площади исследований, в пределах северо-западного склона Карабогазского свода, выделяются два удлинённых локальных минимума ΔT_a , размерами 40 x 15 км (рис. 1, 1). Глубокими скважинами на площадях Букбаш, Бирбас, Тамды, Южный Аламурын – Джанаорпа, располагающимся на периферийных частях данных минимумов, на незначительной глубине от поверхности фундамента вскрыты гранитоидные интрузии. Следовательно, можно говорить о том, что этим минимумам отвечают крупные батолиты в теле фундамента Карабогазского массива.

К северу от них выделяется линейная зона (ширина около 10 км) слабых субширотных максимумов (рис. 1, 2). По данным количественных расчетов глубина до верхней кром-

ки магнитных масс колеблется от 4,4 до 6,0 км. Им же соответствуют и локальные аномалии повышенных значений ускорения силы тяжести. В плане данная зона совпадает с южной частью Карауданского вала (зона складчатого пермо-триаса), отделенного от Карабогазского массива крупным разломом, и может соответствовать породам основного и ультраосновного составов, входящим в состав раннекиммерийского офиолитового комплекса. Последний детально изучен на юго-восточном продолжении данной зоны в пределах Туаркырской антиклинали [1]. Анализ геофизических материалов предшествующих лет позволил проследить распространение данных образований на запад и юго-восток от рассматриваемой площади на расстояние около 800 км [2].

Северная половина Карауданского вала отображается в магнитном поле в виде узкой (10 – 15 км) зоны повышенных значений горизонтального градиента (рис. 1, 3).

Наиболее крупной и сложно построенной структурной единицей фундамента является Жазгурлинская депрессия, отображенная в региональном поле ΔT_a в виде обширного минимума (рис. 1). С севера и юга на его фоне выделяются два линейных минимума (рис. 1, 4,5), наиболее интенсивный из них – южный, прилегающий к Карауданской градиентной зоне и продолжающийся на запад в акваторию Каспия. Не исключено, что последний связан с зоной развития мраморизованных известняков палеозойского фундамента, вскрытых буровыми скважинами в северной части Туаркыра [3].

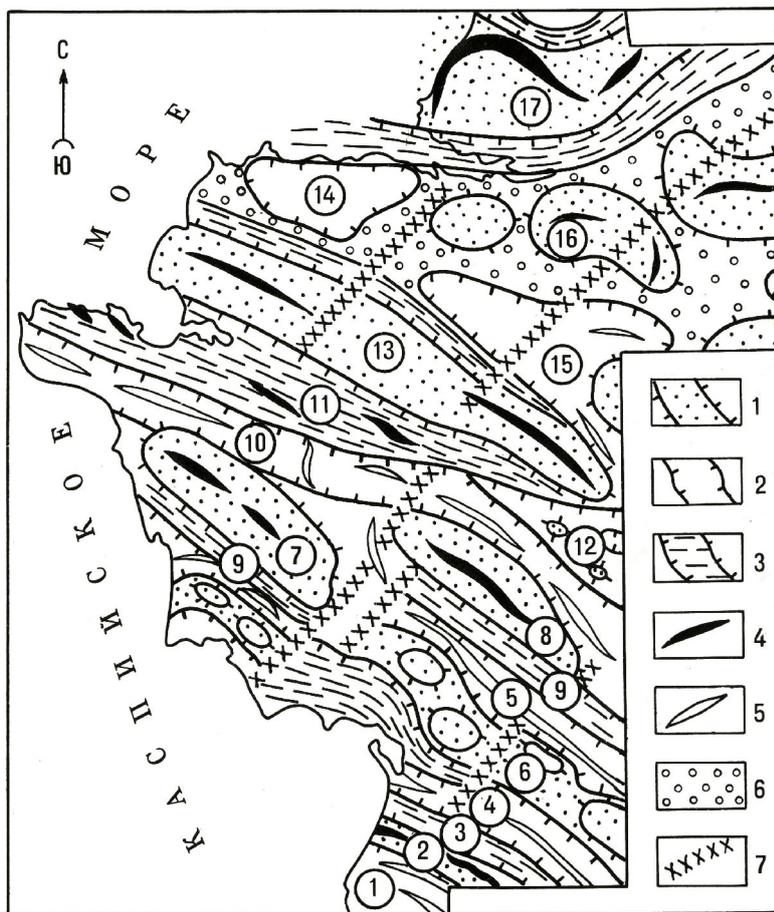


Рис. 1. Строение фундамента западных районов Туранской плиты по материалам высокоточной аэромагнитной съемки. 1 - зоны максимумов ΔT_a ; 2 - оси положительных аномалий; 3 - зоны минимумов ΔT_a ; 4 – оси отрицательных аномалий; 5 - высокоградиентные зоны ΔT_a ; 6 - слабовозмущенное магнитное поле; 7 - основные поперечные нарушения. Цифры на карте - нумерация аномальных зон, наименования см. в тексте.

В пределах Жазгурлинской депрессии отмечается и другой тип аномалий (осевая ее часть), имеющих изометричную форму и сгруппированных в единую зону северо-западного простирания (рис. 1, 6). В локальной составляющей магнитного поля им отвечают отчетли-

вые положительные аномалии. Количественные расчеты показывают глубину до верхней кромки магнитовозмущающих объектов около 5,1 км, что в первом приближении соответствует поверхности фундамента.

Аналогичная аномальная зона, но имеющая дугообразную форму, выявлена на мысе Песчаный. Аномалии смещены друг от друга на расстояние около 35 км по крупному левостороннему сдвигу. В пределах северо-западной аномалии на Оймашинской площади многочисленными скважинами вскрыты метаморфические сланцы, прорванные интрузией гранитов (глубины 3,5 – 3,9 км). Граниты практически немагнитны. В то же время расчеты показали, что верхние кромки магнитно-возмущающих объектов находятся здесь на глубине 5,0 – 5,6 км. Следовательно, можно предполагать наличие в более глубоких горизонтах фундамента магматических тел среднего или даже основного состава. Подтверждением этому могут служить дайки диабазовых порфириров, а также дайки свежих пород базальтоидного облика, подсеченные здесь в ряде скважин [3].

Как отмечалось выше, в 60 км к югу располагается зона, отождествляемая с древним офиолитовым швом, т.е. можно говорить о наличии здесь погребенной раннекиммерийской сутуры. В таком случае не исключено, что описанная зона изометричных аномалий, окаймляющая ее с внешней стороны, отвечает палеозойским вулканическим постройкам, поставившим магматический материал андезито-базальтового ряда. Слабоокатанные гальки этих пород известны в низах пермо-триасового разреза, вскрытого скв. Темир-Баба 1-П [2].

К северу в региональном магнитном поле выделяются два крупных максимума размером 100 x 30 км каждый, смещенных друг относительно друга по линеаменту северо-восточного простирания на 35 км. Северо-западный из них сечет современную платформенную структуру, простираясь от западной периклинали Беке-Башкудукского вала до Жетыбайской группы структур Жетыбай-Узеньской ступени (рис. 1, 7). Восточный (рис. 1, 8) в плане примерно совпадает с юго-восточной перикликалью Беке-Башкудукского вала с эпицентром в районе поднятия Шалабай. Данные структуры интерпретируются нами как выступы фундамента, интродуцированные магматическими телами кислого или среднего состава, но не выведенными (по крайней мере в большинстве случаев) на его поверхность: верхние кромки магнитовозмущающих масс в пределах Дунгинско-Жетыбайского блока залегают на глубинах от 5,2 до 7,2 км, Шалабайского – 4,6 – 5,4 км.

Глубоким бурением освещено строение фундамента Дунгинско-Жетыбайского блока на площадях Северное Карагие, Северо-Западный Жетыбай, Бектурлы, Жетыбай, Придорожная и Южный Жетыбай. Слагается он слабометаморфизованными терригенными образованиями, несущими на себе слабые следы термального воздействия интрузий. На площадях Северо-Западный Жетыбай и Северное Карагие, приближенных к его апикальной части, отмечено также резкое сокращение мощности триасового разреза, особенно его нижней пестроцветной части (до первых десятков метров), с появлением аркозовой дресвы. Прямых сведений о глубинном строении Шалабайского блока нет. По аналогии с Дунгинско-Жетыбайским выступом допускается сходное его строение.

С юго-запада оба максимума ограничены мощными зонами градиентов ΔT_a (рис. 1, 9), отвечающих крупному разлому, смещенному также по латерали по поперечному нарушению.

К северу от описанных выступов выделяется узкая протяженная (350 × 20 – 25 км) зона линейных минимумов (рис. 1, 10). В западной части она четко совпадает в плане с Чакырганским платформенным прогибом, в восточной смещается к северу от него, захватывая район Тумгачинского вала. Не исключено, что она фиксирует распространение карбонатных отложений в палеозойском разрезе, на что косвенно могут указывать обильные находки гальки известняков карбона на Тумгачинском вале и некоторых других площадях Восточного Мангышлака, а также результаты бурения на площади Саура-Сегенды, где вскрыты карбонатные отложения палеозойского фундамента [3].

Каратауская мегантиклиналь в магнитном поле отражена мощной зоной градиентов ΔT_a (рис. 1, 11), осложненной локальными положительными аномалиями северо-западной

ориентации, располагающимся кулисообразно и совпадающими в плане с хребтами Западного и Восточного Каратау, где на дневную поверхность выведены складчатые образования пермо-триаса. Известно, что простираение складчатости здесь северо-западное, но материалы высокоточной магниторазведки не позволяют проследить развитие складок на северо-запад и юго-восток за пределы Каратауской мегантиклинали.

Детальной аэромагнитной съемкой закрыта лишь западная часть Восточно-Мангышлакской зоны дислокаций. Поле ΔT_a имеет здесь мелко мозаичное строение, отражающее сложную блоковую структуру данной территории (рис 1, 12).

Крупная зона развития интрузивных пород основного, вероятно габбрового, состава располагается в пределах Южно-Бузачинского прогиба, которому в плане соответствует протяженный (280 км) линейный (ширина 35 – 45 км) максимум ΔT_a , очерчивающий Мангышлакскую систему дислокаций с северо-востока (рис. 1, 13). Смена знака поля происходит по крупному Кырынско-Токубайскому разлому, отделяющему прогиб от Северо-Бузачинского и Арстановекого минимумов ΔT_a (рис. 1, 14 и 15 соответственно). Фундамент последних сложен слабомагнитными породами. В их пределах отмечаются достаточно обширные по площади локальные максимумы ΔT_a , указывающие на развитие линз эффузивных магматических пород среднего состава. Расчеты показывают на приуроченность их к низам доюрского осадочного комплекса. На ряде площадей здесь в низах доюрского разреза вскрыты дайки андезитовых порфиритов – возможных подводящих каналов магматических расплавов.

Более широкое развитие эффузивных образований среднего состава в допермском разрезе предполагается в районе Култукской депрессии (рис. 1, 16), отраженной в магнитном поле повышенными значениями ΔT_a .

Расположенный с севера Южно-Эмбенский прогиб (рис. 1, 17) отражен в магнитном поле мощной зоной положительных значений ΔT_a и ограничен с севера и юга резкими градиентными зонами. Внутри него отчетливо вырисовывается узкая ломаная линия интенсивных положительных максимумов, фиксирующая, вероятно, развитие ультрабазитов. Данная зона прослеживается далее на запад несколько севернее полуострова Бузачи через Каспийское море, южную часть Астраханского свода к валу Карпинского в Предкавказье.

При рассмотрении описанной картины в целом отметим, что в магнитном поле анализируемой территории отчетливо выделяются три крупных сегмента земной коры: 1) южный – Мангышлакский, включающий и Южно-Бузачинский максимум, где развиты линейные аномальные зоны северо-западной ориентации (палеозойская складчатая зона), 2) средний – Бузачинско-Северо-Устьюртская зона крупномозаичного магнитного поля и 3) северный – Южно-Эмбинская зона линейных дислокаций, отвечающих одноименной складчатой зоне. Сходный характер магнитного поля северной части полуострова Бузачи и Северного Устьюрта позволяет включить первую в состав Северо-Устьюртского докембрийского массива. Граница его с Мангышлакским геоблоком проходит по линии Каражанбас – Кызан – Кырын, совпадая с крупным региональным разломом. В то же время, линейный характер аномалий в пределах Южного Мангышлака не подтверждает достаточно широко распространенную точку зрения об отнесении его к массиву докембрийской континентальной коры. Территория Мангышлака должна быть включена в состав эпипалеозойской складчатой зоне запада Туранской плиты.

Работа выполнена в рамках проектов 2.1.1/3385 «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», РФФИ: 08-05-00342-а, 09-05-96502-р_юг_а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков В.И. Тектоника запада Туранской плиты. М.: ИГиРГИ, 1992. 148 с.
2. Попков В.И. О Западном продолжении складчатых сооружений Туаркыра // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1984. Т. 59. Вып. 2. С. 43 – 49.
3. Попков В.И., Янаскурт О.В. Породы фундамента юго-запада Туранской плиты // Советская геология. 1985. № 9. С.106 – 113.
