Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVI, вып. 2, 1963 г.

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ТИГИЛЬСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Л. А. Ривош

Прибрежные районы Западной Камчатки к северу от мыса Омгон (междуречье Тигиля—Воямполки) в течение многих лет являются объектом интенсивного геолого-геофизического изучения в связи с поисками месторождений нефти и газа. С тех пор как в начале 30-х годов исследованиями ВНИГРИ здесь были обнаружены признаки нефтеносности, геологические и геофизические работы приобрели четкое нефтепоисковое направление. К настоящему времени накоплено немало данных о стратиграфии и тектонике исследованной территории, которые базируются преимущественно на результатах поверхностных или близповерхностных геологических наблюдений. Современная изученность района определяется, в первую очередь, исследованиями геологов ВНИГРИ (Б. Ф. Дьякова, И. Б. Плешакова, Н. М. Маркина) и Камчатского РайГРУ (В. Г. Васильева, В. П. Вдовенко, Е. П. Кленова, П. А. Коваля, В. В. Крылова, К. М. Севостьянова и др.), которые занимались как изучением вопросов региональной геологии и тектоники, так и поисками локальных брахиантиклинальных структур. В результате многолетних исследований определено положение Тигильско-Воямпольского района в общей тектонической структуре Западной Камчатки, разработана схема стратиграфии отложений, слагающих видимую часть геологического разреза, оценены перспективы стратиграфических горизонтов на нефтеносность, выявлено большое количество локальных палеогеновых поднятий. В то же время каждый из этих вопросов нуждается в дополнительном изучении, поскольку единство мнений все еще не достигнуто главным образом вследствие слабой изученности глубинной геологии и тектоники. Об этих вопросах можно судить лишь по данным роторного бурения на Воямпольской структуре и гравиразведочных работ (А. Л. Вощинского, В. Л. Гольдмана, Ю. С. Дежановой) в прибрежных районах Западнокамчатской равнины в междуречье Квачины—Воямполки.

Полная и всесторонняя интерпретация гравиметровых данных затруднена отсутствием опорных буровых скважин и сейсмических профилей, слабой изученностью плотностного разреза и недостаточным использованием других геофизических методов для решения геологических задач. Настоящую статью следует рассматривать как один из возможных вариантов геологической интерпретации, который несомненно будет корректироваться и уточняться по мере накопления дополнительных геолого-геофизических данных.

Характер геологического строения Тигильско-Воямпольского района определяется его положением в краевой зоне Тигильского антиклинория — крупной палеогеновой структуры, наращивающей в север-

ном направлении горстовое поднятие южной части Срединного Камчатского хребта [5]. По мере удаления от горстового поднятия палеогеновые структуры приобретают постепенно северо-северо-восточную ориентировку и распадаются на ряд ветвей, разделенных глубокими синклинальными прогибами, выполненными неогеновыми осадками (рис. 1). Фундаментом палеогеновых структур являются дислоцированные и уплотненные верхнемеловые осадочно-метаморфизованные породы, обнажающиеся на поверхности в виде сравнительно небольших овальных выступов и часто образующие вместе с прилегающими к ним третичными толщами структуры облекания (например, Напанский выступ).

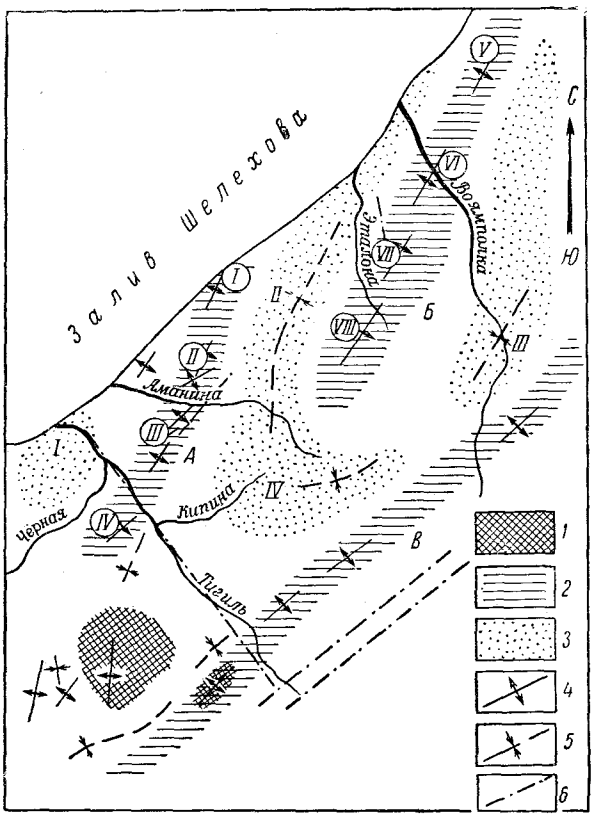


Рис. 1. Схематическая тектоническая карта Тигильско-Воямпольского района (по Е. П. Кленову):

1 — верхнемеловые структуры (Напанский выступ); *2* — палеогеновые антиклинальные зоны: (*А* —Хромовская; *Б* — Воямпольская; *В* — Восточно-Воямпольская); антиклинальные структуры (*I* — Точилинская; *II* — Хромовская; *III* — Гаванская: *IV* — Чекановская; *V* — Какертская; *IV* — Воямпольская; *VII* — Южно-Воямпольская; *VIII* — Рассошинская); *3* — неогеновые синклинальные зоны (*I* — Кулькивская; *II* — Эталонская; *III* — Ыяваямская; *IV* — Кипинская); *4* — оси антиклиналей; *5* — оси синклиналей; *6* — дизъюнктивные нарушения

Геологический разрез представлен преимущественно фациями нормально осадочных пород. Тектонические фазы, проявившиеся на границе верхнего мела и палеогена (камчатская фаза), палеогена и неогена (курильская фаза), в неогене (алеутская фаза) и на границе плиоцена и постплиоцена (сахалинская фаза) сопровождались в интересующей нас части Тигильско-Воямпольского района слабой вулканической деятельностью. Эруптивные аппараты палеоген - нижнемиоценовых вулканов располагались главным образом в районах Утхолокского и Кахтанского мысов и в бассейне среднего и верхнего течения р. Тигиль, т. е. в сравнительном удалении от рассматриваемой территории, что и обусловило относительную бедность третичных отложений вулканогенным материалом. О слабой вулканической деятельности свидетельствует также исключительно спокойное магнитное поле, небольшие возмущения которого, связанные с трещинными излияниями лав и эффузивов, отмечаются лишь восточнее осевой зоны Воямпольской антиклинали. Литологический состав пород не отличается разнообразием — преимущественно это песчано-глинистые отложения с маломощными пропластками углистых и кремнистых образований и небольшой примесью туфогенного материала [1].

В связи с постепенным поворотом верхнемеловых структур к северо-северо-востоку по мере удаления от северной оконечности горста

южной части Срединного хребта в Тигильско-Воямпольском районе наблюдается примерное соответствие структурных планов верхнемеловых и палеогеновых отложений при наличии резких угловых несогласий между ними. Складчатые ветви верхнемелового-палеогенового времени играют здесь (вместе с верхнемеловыми структурами Паланского района и палеогеновыми структурами района Реккинникской губы) роль сохранившихся на поверхности соединительных звеньев между главной зоной Тигильского поднятия и Майнским антиклинорием, помогая предположительно наметить в переходной зоне между ними антиклинальную структуру, скрытую ныне под водами Охотского моря. Мнение о связи Тигильского и Майнского антиклинориев в недалеком прошлом друг с другом подкрепляется аэромагнитными данными о простираниях нижнемиоценовых вулканических поясов, обрамляющих с юго-востока и северо-запада верхнемеловую—палеогеновую подводную складчатую дугу вдоль фланга Паланского прогиба и вдоль центральной части Пенжинской губы [7].

Разрез палеогеновых и верхнемеловых образований наиболее полно изучен на Воямпольской структуре, где роторной скважиной Р-3 пройдена вся толща пород ковачинской и тигильской серий и на глубине 2280 *м* вскрыта кровля верхнего мела [1].

Плотность геологических образований имеет сравнительно устойчивый характер для пород одного и того же возраста и резко меняется при переходе от одного плотностного горизонта к другому. Плотность верхнего мела 2,7 *г/см*^{3}; палеогена: тигильской серии — 2,45 *г/см*^{3}; ковачинской серии — 2,25 *г/см*^{3}; неогена — 2,1 *г/см*^{3}. Таким образом, в разрезе геологических образований могут быть намечены три главные плотностные границы: 1) между верхним мелом и палеогеном ($\Delta\sigma=0{,}25$ *г/см*^{3}); 2) в палеогене между тигильской и ковачинской сериями ($\Delta\sigma=0{,}20$ *г/см*^{3}); 3) между палеогеном и неогеном ($\Delta\sigma=0{,}15$ *г/см*^{3}).

Естественно, речь может идти о совпадении в первом приближении плотностных границ со стратиграфическими. Возможны некоторые отклонения от этого совпадения в ту или иную сторону. Об этом свидетельствуют новейшие данные Н. М. Маркина о наличии в верхних горизонтах верхнемелового возраста фаунистически охарактеризованного комплекса нормально осадочных пород, плотность которого не превышает плотности палеогеновых отложений. В этом случае не будет наблюдаться полного совпадения нижней плотностной границы со стратиграфической.

При определении средней плотности пород палеогена пропластки кремнистых образований можно не учитывать ввиду их малой мощности.

Учитывая однообразный литологический состав стратиграфических горизонтов, можно полагать, что на характер поля силы тяжести будут оказывать влияние главным образом изменения в глубине залегания отмеченных плотностных границ. Это влияние является, по-видимому, тем более значительным, что по геологическим данным амплитуды поднятий и погружений в Тигильско-Воямпольском районе достигают нескольких километров. Принимая во внимание направление ритмов колебательных движений [3] и постепенное ослабление их по мере развития геосинклинали и превращения ее в складчатую область, можно полагать, что между изменениями уровней верхнемелового и палеогенового подземных рельефов наблюдается прямое соответствие, сопровождаемое постепенным уменьшением амплитуды погребенных поднятий и прогибов при движении по геологическому разрезу снизу вверх. По-видимому, неоднородности гравитационного поля, возникшие на границе верхнего мела и палеогена при инверсии тек-

тонического рельефа и отразившие возникновение поднятий на месте узких и глубоких верхнемеловых прогибов, впоследствии были усилены тектоническими процессами палеогенового и неогенового времени.

Наша задача состоит, следовательно, в определении поведения возмущающих поверхностей раздела путем последовательного вычитания величины гравитационного влияния каждой из этих границ из суммарной величины гравитационного эффекта, устанавливаемого по карте аномалий Буге.

Соотношения между продольными и поперечными размерами аномальных зон позволяют считать эту задачу в первом приближении двухмерной. Однако для решения ее при трех возмущающих поверхностях раздела необходимо надежное знание ряда пока неизвестных геологических фактов. В первую очередь это сведения о мощностях стратиграфических горизонтов различной плотности в нескольких пунктах исследованной территории, которые могли бы быть получены сейсморазведкой и бурением и которые позволили бы рассматривать эти пункты в качестве опорных. В действительности же мы располагаем единственным опорным пунктом на Воямпольской структуре (скважина Р-3), где известны глубины залегания кровли отложений верхнего мела и тигильской серии палеогена. О мощностях стратиграфических горизонтов в глубоких депрессиях, разделяющих палеогеновые поднятия, вообще нет достоверных сведений.

В этих условиях целесообразно упростить задачу и свести ее к случаю двух возмущающих поверхностей, поскольку при отмеченном соответствии в поведении различных границ раздела всегда возможно (изменяя значения избыточной плотности на этих границах) заменить гравитационное влияние трех таких границ гравитационным влиянием лишь двух из них. При этом, очевидно, желательно, чтобы суммарная величина вновь избранных значений избыточной плотности была равна или приближалась к суммарной величине фактических значений плотности на всех первоначально установленных границах раздела (в данном случае — на трех). Это значит, что на каждой из двух оставшихся возмущающих поверхностей принятое при расчетах значение плотности должно быть несколько больше присущего этой поверхности действительного значения. Естественно, что о достоверности расчетов по такой методике (как, впрочем, и о достоверности расчетов по любой другой) можно судить, располагая хотя бы редкой сетью буровых скважин и сейсмических профилей. В Туркмении, например, подобный подход к истолкованию материалов гравиразведки дал хорошие результаты [2]. Насколько удачным является выбор исходных параметров в нашем случае, можно будет судить лишь по мере накопления новых данных о глубинном геологическом строении территории.

Подбор теоретических кривых, соответствующих наблюденным, производился по палетке Д. С. Микова, для плотностных границ верхний мел—палеоген и палеоген—неоген. Значения плотности на этих границах взяты соответственно в виде разности значений истинной плотности верхнемеловых (2,7 $г/см^3$) и неогеновых (2,1 $г/см^3$) пород и осредненной плотности палеогеновых отложений (2,35 $г/см^3$). Таким образом, вместо трех границ раздела оставлено две — верхняя и нижняя со значениями избыточной плотности на них соответственно 0,25 и 0,35 $г/см^3$. Средняя граница устранена не случайно. Так как она занимает промежуточное положение, ориентировочное представление о ее поведении может быть получено интерполяцией между теми значениями глубины залегания, которые будут установлены для верхней и нижней плотностных границ. Местоположение же по-

следних двух должно явиться непосредственным результатом интерпретации.

Отметим причины, по которым нельзя пойти еще дальше по пути упрощения задачи и свести ее к случаю одной возмущающей поверхности. Дело в том, что изменения в глубине залегания какой-либо одной из трех границ раздела (все равно какой) не могут вызвать наблюдаемых изменений поля силы тяжести. Справедливость сказанного в отношении кровли верхнемеловых отложений (нижняя граница) и пород тигильской серии (средняя граница) становится ясной из рассмотрения некоторых районов Западной Камчатки, где горизонтальные градиенты поля силы тяжести достигают первых сотен этвеш, характеризуя зоны перехода от неогеновых прогибов к палеогеновым поднятиям. В этих районах по амплитуде аномалий оценивается максимальное изменение глубины залегания кровли верхнемеловых пород в предположении, что это изменение является единственной причиной гравитационной аномалии. На основании полученных данных определяются максимальные величины горизонтальных градиентов поля силы тяжести по известным формулам для вертикального уступа и сопоставляются с наблюдаемыми величинами горизонтальных градиентов. Как показало сопоставление, в ряде районов (в переходных зонах от Воямпольской антиклинали к Кипинско-Этолонской впадине, от депрессии реки Черной к Хромовской и Ковачинской антиклиналям и в других районах) наблюдаемые величины горизонтальных градиентов никак не могут объясняться одним лишь изменением глубины залегания верхнемеловых пород, поскольку они значительно превышают (иногда в 3—4 раза) те предельные значения U_{xz}, которые могут быть получены для фиксированного положения верхней и нижней границ верхнемелового вертикального уступа. Эти фиксированные положения могут быть определены для района Воямпольской брахиантиклинали, где глубина залегания верхней границы уступа составляет, по данным бурения, 2300 *м*, а глубина залегания H_2 нижней границы может быть ориентировочно получена по известной формуле

$$H_2 = \frac{\Delta g_1 - \Delta g_2}{2\pi k \Delta\sigma} + H_1.$$

Для данного случая максимальное значение U_{xz} не может превышать нескольких десятков этвеш, наблюдаемые же величины горизонтальных градиентов поля силы тяжести достигают значительно большей величины.

Попытка объяснить наблюдаемые изменения поля силы тяжести влиянием одной лишь верхней границы раздела (палеоген—неоген) терпит неудачу потому, что при принятом значении избыточной плотности максимальная амплитуда гравитационной аномалии, вызванной изменением рельефа этой поверхности, даже при совершенно нереальном предположении о полном выпадении из разреза палеогеновых пород оказывается меньшей действительных изменений поля силы тяжести.

Таким образом, только принимая во внимание гравитационное влияние обеих границ раздела, можно объяснить как значительные амплитуды аномалий (преимущественным влиянием нижней границы), так и их большие горизонтальные градиенты (преимущественным влиянием верхней границы).

В Тигильско-Воямпольском районе гравиразведка успешно решает задачу изучения глубинной геологии и тектоники. Тектонический рельеф и общий структурный план верхнемеловых пород прекрасно

вырисовываются на гравитационной карте в виде линейно-вытянутых в северо-северо-восточном направлении аномальных зон повышенных и пониженных значений Δg, соответствующих поднятиям и погружениям погребенной поверхности верхнемелового структурного этажа (рис. 2). Наблюдаемое соответствие между расположением зон аномалий силы тяжести и расположением палеогеновых поднятий свидетельствует о совпадении в первом приближении структурных планов верхнемелового и палеогенового времени и об унаследованности палеогеновыми структурами верхнемелового тектонического рельефа. Последнее обстоятельство является вполне закономерным и находится в связи с резкими изменениями рельефа мезозойского ложа, которые достигают зачастую нескольких километров (рис. 3), придавая уступообразный, блоковый характер верхнемеловым структурам. Приведенные выше положения согласуются с представлением Г. М. Власова [4] о приблизительно параллельном простирании на Камчатке верхнемеловых и третичных складок.

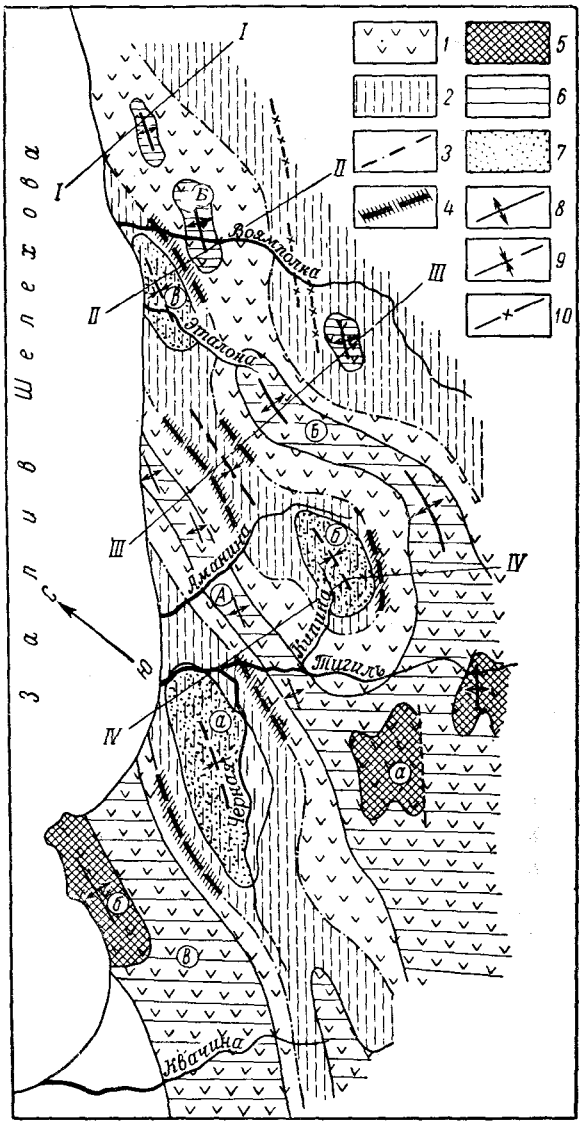


Рис. 2. Схема расположения основных геологических структур по геофизическим данным (А. Л. Вощинского, В. Л. Гольдмана и Ю. С. Дежановой):

1 — области повышенных значений Δg_a; *2* — области пониженных значений Δg_a; *3* — гравитационные ступени в зонах перехода от повышенных к пониженным значениям Δg_a; *4* — зоны максимальных горизонтальных градиентов поля силы тяжести; *5* — области выхода на поверхность верхнемеловых структур — области максимальных значений Δg (*а* — Напанский выступ; *б* — Омогонская зона); *6* — области выхода на поверхность или близповерхностного залегания палеогеновых структур и сравнительно неглубокого залегания (1000—2500 *м*) верхнемеловых структур (Антиклинальные зоны: *А* — Хромовская; *Б* — Воямпольская; *В* — Квачинская); *7* — области максимального погружения верхнемеловых (до 5500—6500 *м*) и палеогеновых (до 1000—2000 *м*) структур — области минимальных значений Δg_a (*а* — депрессия р. Черной; *б* — Кипинская впадина; *в* — Эталонская впадина); *8* — оси антиклиналей; *9* — оси синклиналей; *10* — зоны разлома с трещинными излияниями лав и эффузивов (по результатам магнитной съемки)

Гравиметрическими данными подтверждается мнение Б. Ф. Дьякова [6] о существовании на территории Тигильско-Воямпольского района в начале палеоген-нижнемиоценового времени нескольких верхнемеловых дуг, выступавших над поверхностью моря в виде островных гряд и разделявших морской бассейн на несколько обособленных районов осадконакопления. Архипелаги верхнемеловых островов, сравнительно

неглубоко погруженные под воды палеогенового моря, располагались также на месте современных Хромовской, Воямпольской и Ковачинской антиклинальных зон. Между верхнемеловыми палеоостровами происходило неравномерное прогибание дна палеоген-миоценового моря и накопление мощной многокилометровой толщи осадков. К областям максимального прогибания относятся Кипинская и Эталонская впадины и депрессия р. Черной, которые вы-

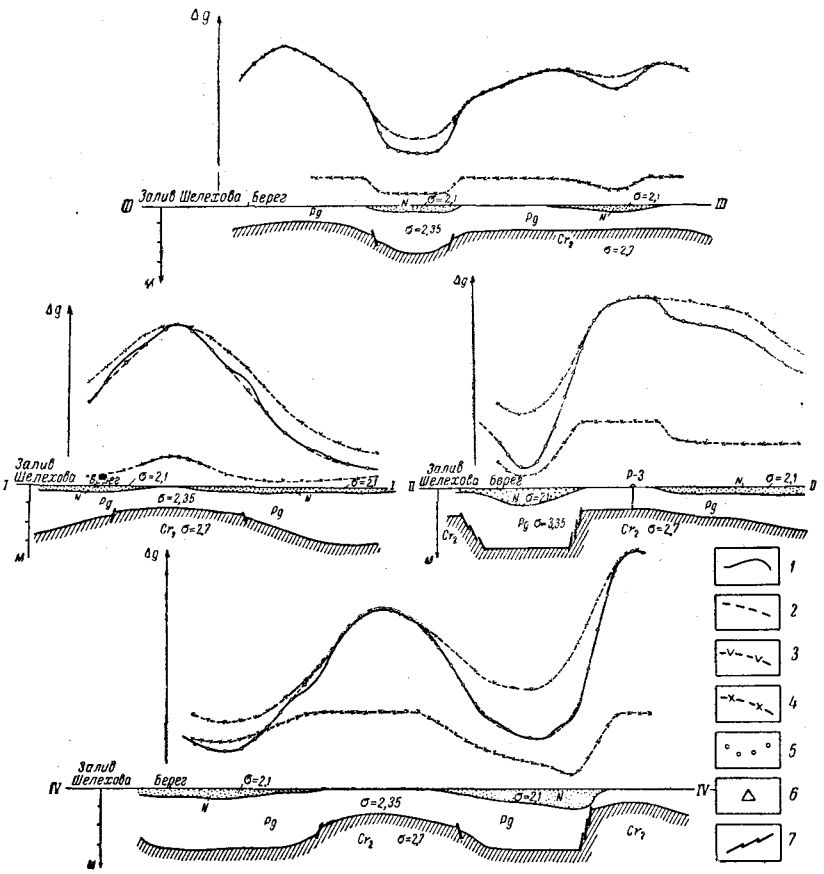


Рис 3. Схематические геологические разрезы по гравиметрическим данным (местоположение разрезов *I—IV* см. по рис. 2):

1 — наблюденная кривая Δg_a; *2* — осредненная кривая Δg_a; *3* — теоретическая кривая Δg_a от границы раздела верхний мел—палеоген; *4* — теоретическая кривая Δg_a от границы раздела палеоген—неоген; *5* — точки суммарной теоретической кривой (от двух границ раздела); *6* — глубокие роторные скважины; *7* — тектонические нарушения

полнены с поверхности позднемиоцен-плиоценовыми отложениями и которым соответствуют зоны наиболее пониженных значений поля силы тяжести.

Неповсеместная прямолинейность аномальных зон Δg особенно отчетливо проявляется в пределах Воямпольской антиклинальной ветви. Здесь, между Кипинской и Эталонской впадинами, наблюдается резкий пережим и сопутствующее ему смещение в западном направлении Рассошинской брахиантиклинали, создающее впечатление о кулисообразном расположении локальных палеогеновых поднятий в пределах Воямпольской антиклинальной ветви. Этим, однако, не нарушается единство последней, что хорошо выражено в характере гравитационного поля, которое позволяет проследить эту структуру вплоть до Напанского выступа верхнемеловых пород, где происходит ее

слияние с Хромовской антиклинальной зоной. Нет оснований для представления о субширотном простирании Кипинской впадины и о резком пережиме Воямпольской антиклинальной зоны в верховьях р. Аманины, как это предполагает Е. П. Кленов (см. рис. 1). Соединение Воямпольской и Восточно-Воямпольской ветвей происходит не по узкой перемычке палеогеновых структур, а по сравнительно широкой зоне, имеющей в плане лишь незначительно сокращенную мощность и перекрытой маломощным слоем неогеновых пород. Отмеченное смещение Рассошинской брахиантиклинали обусловлено, вероятно, горизонтальным перемещением верхнемеловых-палеогеновых структур по поперечным, северо-западным разломам. Можно говорить лишь о горизонтальных перемещениях, поскольку в поле силы тяжести не наблюдается заметных изменений, свидетельствующих о вертикальных движениях по тектоническим разрывам. Либо эти движения вовсе отсутствовали, либо (что более вероятно) амплитуда их была сравнительно невелика (несколько десятков метров).

Переход от депрессии р. Черной к верхнемеловым структурам Напанского выступа и мыса Омгон представляется достаточно резким. Углы наклона поверхности мезозойского рельефа достигают здесь 15—18°, что свидетельствует о грабенообразном характере этой структуры. Еще более резко выражен сбросовый характер Кипинской и Эталонской впадин (см. рис. 3, разрезы *II—II*, *IV—IV*), где изменения в глубине залегания верхнемелового фундамента приводят к исключительно резкому (почти вертикальному), уступообразному погружению его поверхности, достигающему 4—4,5 *км*. В образовании этих грабенов несомненна главенствующая роль тектонических процессов курильской и алеутской фаз складчатости. Условия, благоприятные для их образования, возникли, вероятно, ранее (в начале палеогена), однако, свою специфическую тектоническую форму они приобрели позднее — на границах между олигоценом и миоценом и между средним и верхним миоценом.

Ковачинская антиклинальная зона, судя по аномальным значениям поля силы тяжести, характеризуется наиболее приподнятым положением верхнемеловых структур по сравнению с Хромовской и Воямпольской антиклинальными ветвями. Близповерхностное залегание пород верхнего мела в ее сводовой части можно предполагать вплоть до р. Квачины. Вероятно, и далее на юго-запад погружение шарнира структуры происходит достаточно плавно, однако пока это не подтверждено необходимыми геофизическими данными.

Выводы

1. Значительные изменения поля силы тяжести связаны главным образом с резкими поднятиями и погружениями тектонического рельефа верхнемеловых пород, имеющих местами блоковое строение.

2. Простирание складчатых зон верхнемелового и палеогенового времени в первом приближении совпадает.

3. Областями сравнительно неглубокого залегания верхнемеловых пород являются Хромовская и Воямпольская антиклинальные ветви, сближающиеся в районе Напанского выступа, и Ковачинская антиклинальная зона, относящаяся к области омгонских складчатых структур. Образование антиклинальных ветвей обусловлено тектоническим режимом палеоген-миоценового времени и существованием в морском бассейне этого времени верхнемеловых островных цепей дугообразных очертаний.

4. Верхнемеловые структуры имеют характер резко выраженных, преимущественно линейных тектонических поднятий.

5. Области максимального прогибания дна палеоген-миоценового бассейна, которым соответствуют Кипинская и Эталонская впадины и депрессия р. Черной, приобрели во время курильской и алеутской фаз складчатости характер грабенов.

6. На границах поднятий и прогибов расположены сбросовые дислокации, выраженные резкими «гравитационными ступенями».

7. Внутри Воямпольской антиклинальной ветви происходили горизонтальные тектонические перемещения по поперечным разломам северо-западного направления.

8. В верховьях р. Аманины происходит не разделение, как это предполагалось ранее, а сочленение Воямпольской и Восточно-Воямпольской антиклинальных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белова М. Б., Власов Г. М., Васильев В. Г. и др. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Камчатки. Гостоптехиздат, 1961.

2. Борисов А. А. О методике и результатах работ по составлению региональной структурной карты Туркмении по геофизическим данным. Сб. «Прикладная геофизика», вып. 24, 1960.

3. Власов Г. М. История геологического развития приохотских складчатых областей. Сб. «Совещание по разработке униф. стратигр. схем Сахалина, Камчатки, Курильских и Командорских островов», ВНИГРИ, 1958.

4. Власов Г. М. Тектоническое строение Тихоокеанских окраин СССР. Сб. «Геологическое строение СССР», т. 3, ВСЕГЕИ, 1958.

5. Дьяков Б. Ф. Геологическое строение и нефтеносность Западной Камчатки. Тр. ВНИГРИ, вып. 14, 1955.

6. Дьяков Б. Ф. Фациальный анализ третичных отложений и основные черты палеогеографии Тагильского района Западной Камчатки. Тр. ВНИГРИ, вып. 102, 1957.

7. Ривош Л. А. О тектоническом строении Камчатского полуострова и дна прилегающих к нему морских районов (по геофизическим данным). Геология и геофизика. СО АН СССР, 1963, № 6.