ГЕОТЕКТОНИКА

№ 4 Июль — Август 1982 г.

УДК 551.24.243.6 : 553.982.2 (571.642)

РОЖДЕСТВЕНСКИЙ В. С.

РОЛЬ СДВИГОВ В СТРУКТУРЕ САХАЛИНА

Многие особенности тектоники Сахалина можно объяснить развитием сопряженной системы сдвигов, сбросов и взбросо-надвигов, с формированием которой тесно связано возникновение позднекайнозойских складчатых структур. Для Северного и Среднего Сахалина характерно присутствие правых сдвигов субмеридионального, взбросов северо-западного и сбросов северо-восточного простирания. Подобный структурный рисунок мог сформироваться в результате горизонтального сжатия складчатого пояса в направлении северо-восток — юго-запад, возможно, в связи с синхронными растяжениями земной коры в районах Татарского пролива и впадины Дерюгина. Для Южного Сахалина (полуострова Крильон и Тонино-Анивский) характерно присутствие складчатых структур и взбросо-сдвигов субмеридионального простирания. Их образование, видимо, обусловлено близгоризонтальными силами сжатия, возникшими в связи с растяжениями земной коры в районах Татарского пролива и Южно-Охотской глубоководной впадины. Изучение сдвиговой тектоники может оказать значительную помощь в исследовании газонефтяных и рудных месторождений острова.

На Сахалине отмечаются три основных направления крупных разломов: субмеридиональное, северо-западное и северо-восточное. Разломы разных направлений резко различаются по морфологии и структурному типу. Субмеридиональные разломы обычно рассматривались как взбросо-надвиги с общим движением надвиговых чешуй в восточном направлении. В этом случае предполагалось складчато-надвиговое строение Сахалина, обусловленное движением горных масс в процессе альпийской складчатости с запада на восток [29]. В дальнейшем были установлены движения блоков и опрокинутость складчатых структур не только в восточном, но и в западном направлении. В связи с этим многие геологи пришли к выводу об отсутствии на Сахалине какой-либо общей направленности движения горных масс при складчатости и каких-либо закономерностей в ориентировке опрокинутости складок. Образование надвигов стали объяснять трансформацией первично вертикальных движений блоков фундамента в горизонтальные движения [1, 2].

П. Н. Кропоткин и К. А. Шахварстова [8] обратили внимание на кулисообразное расположение складок на площади Западного Сахалина и их косое расположение по отношению к общему простиранию Западно-Сахалинского антиклинория. Это позволило им сделать вывод о влиянии на формирование складчатости не только сжатия, но и сдвиговых движений блоков, которые, по-видимому, происходили вдоль всех основных разломов Сахалина. Впоследствии при проведении геологических съемок вдоль многих разломов субмеридионального простирания были отмечены значительные сдвиговые смещения геологических границ [23—25, 27].

По особенностям геологического строения Сахалин подразделяется на две основные структурно-формационные зоны: Западную — миогеосинклинальную и Восточную — эвгеосинклинальную.

В современной структуре острова Западная зона представляет собой синклинорий, сложенный отложениями нижнемелового (альб), верхнемелового и палеоген-неогенового возраста, образующими единый структурный этаж. Восточная зона имеет блоковое строение. На ее площади наблюдается чередование горст-антиклинальных поднятий, сложенных мезозойско-палеозойскими и верхнемеловыми образованиями, и грабен-синклинальных впадин, выполненных палеоген-неогеновыми отложениями. Осадочно-вулканогенные отложения, слагающие зону, подразде-

ляются на три структурных этажа: мезозойско-палеозойский, верхнемеловой и палеоген-неогеновый [19].

Характерной чертой геологического строения как Восточной, так и Западной структурно-формационных зон Сахалина является присутствие крупных разломов субмеридионального простирания, хорошо выраженных в рельефе в виде прямолинейных тектонических уступов, валов и часто используемых речными долинами ложбин и понижений. Эти разломы имеют явные признаки сдвиговых смещений по часовой стрелке (правые сдвиги).

Наблюдаются два основных типа сдвигов (рис. 1). Сдвиги Восточного Сахалина (Северо-Сахалинский, Прибрежный, Лиманский) занимают секущее положение по отношению к более древним мезозойско-палеозойским складчатым структурам северо-западного простирания, поэтому непосредственно по геологической карте уверенно устанавливается амплитуда правосдвигового смещения, достигающая в Восточно-Сахалинских горах 25 км [23, 25]. Разломы Западного Сахалина (Тымь-Поронайский, Западно-Сахалинский) являются взбросо-надвигами со значительной сдвиговой составляющей. Они располагаются вдоль простирания мезозойско-кайнозойских прогибов, поэтому вдоль них трудно установить истинную амплитуду бокового смещения [27].

В пределах Восточной структурно-формационной зоны наиболее хорошо изучена сдвиговая зона Северо-Сахалинского разлома, прослеженная на 550 км от п-ова Шмидта до южной части Восточно-Сахалинских гор. Зона Северо-Сахалинского разлома объединяет несколько крупных прямолинейных субмеридиональных разрывов и сопровождается широкой (до 5—10 км) полосой интенсивной приразломной складчатости. На п-ове Шмидта сдвиговая зона включает три разлома: Хейтонский, Туинский и Лонгрийский.

Оси складок на п-ове Шмидта простираются в северо-западном направлении и ориентированы под углом 15—30° к направлению разломов. При приближении к линиям сдвигов оси складок и геологические границы приобретают простирание, близкое к простиранию плоскостей сместителей разломов. Поэтому наблюдаются весьма характерные сигмоидальные S-образные изгибы складчатых структур и изгибы геологических границ типа горизонтальных флексур.

Горизонтальная амплитуда разрывного смещения по Хейтонскому сдвигу отчетливо устанавливается по разрыву и правостороннему боковому смещению на 5,5 км стратиграфического контакта меловых и неогеновых отложений. На такое же расстояние смещены отдельные части разорванного сдвигом пояса даек неогеновых щелочных габброидов. Туинский и Лонгрийский разломы имеют северо-западное простирание и являются взбросо-сдвигами с амплитудой смещения до 7 км [24].

Южнее п-ова Шмидта зона сдвигов сечет мощную толщу песчано-глинистых неогеновых отложений, слагающих верхний структурный этаж. На продолжении Хейтонского разлома располагается Охинский разлом, который в районе Эхаби сочленяется с Эхабинско-Пильтунским. Последний обычно рассматривается как взбросо-надвиг. Западное крыло Эхабинско-Пильтунского разлома в районе Восточного Эхаби надвинуто на восточное. В то же время в 70 км южнее в районе Паромая восточное крыло разлома надвинуто на западное (рис. 2, разрезы $I—I^1$ и $II—II^1$).

На наш взгляд, разнонаправленные движения одноименных крыльев разлома и противоположные направления опрокинутости приразломных складок в районах Восточного Эхаби и Паромая можно объяснить, рассматривая этот разлом как объединяющий несколько трещин скалывания, образовавшихся в верхнем структурном ярусе над сдвиговой зоной в фундаменте. Подобные явления резкого изменения направлений и амплитуды вертикальных смещений крыльев разломов весьма характерны для сдвигов [15].

Вывод о наличии сдвигового смещения вдоль Эхабинско-Пильтунского и Охинского разломов подтверждается анализом структурного

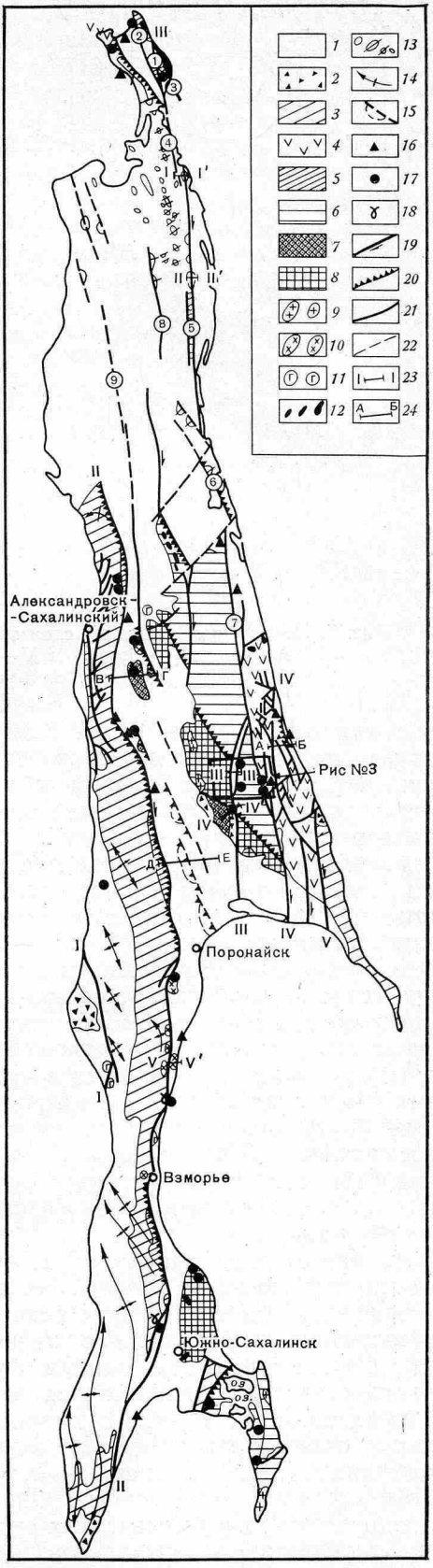

Рис. 1. Тектоническая схема о. Сахалина *1* — кайнозой; *2* — верхний миоцен — плиоцен (эффузивы и туфы); *3* — верхний мел (терригенные отложения); *4* — верхний мел (кремнисто-вулканогенно-терригенные отложения); *5* — нижний мел (альб); *6* — юра-нижний мел; *7* — верхний палеозой — мезозой; *8* — палеозой; *9* — гранитоиды; *10* — диориты; *11* — габбро, габбро-диориты, долериты; *12* — гипербазиты и зоны меланжа; *13* — антиклинальные газонефтеносные зоны в неогеновых отложениях Северного Сахалина; *14* — оси антиклинальных зон в кайнозойских и меловых отложениях Западного Сахалина; *15* — контуры поднятий фундамента в Тымь-Поронайской впадине; *16* — нефте- и газопроявления; *17* — рудопроявления ртути, сурьмы и мышьяка; *18* — грязевые вулканы; *19* — сдвиги; *20* — надвиги, взбросы и участки сжатия вдоль зон сдвигов; *21* — сбросы и прочие разломы с неустановленным типом смещения крыльев; *22* — предполагаемые разломы и разломы, перекрытые четвертичными отложениями; *23* — линии поперечных разрезов сдвиговых зон (см. рис. 2); *24* — линии геологических разрезов (см. рис. 4).

Сдвиговые зоны: I—I — Западно-Сахалинская, II—II — Тымь-Поронайская, III—III — Северо-Сахалинская, IV—IV — Прибрежная, V—V — Лиманская. Разрывы (цифры в кружках), входящие в состав Северо-Сахалинской сдвиговой зоны: 1 — Хейтонский, 2 — Туинский, 3 — Лонгрийский, 4 — Охинский, 5 — Эхабинско-Пильтунский, 6 — Катанглийский, 7 — Центральный. Предполагаемые сдвиговые зоны: 8 — Гыгыланьи-Оссойская, 9 — Армуданская

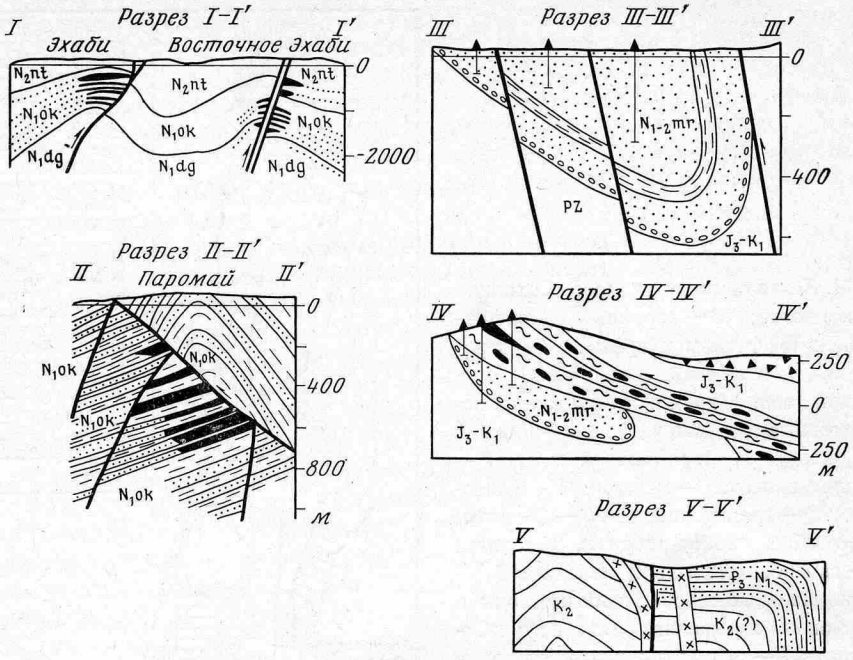

Рис. 2. Поперечные разрезы сдвиговых зон (разрезы I—I и II—II по по С. Н. Алексейчику [3], разрез V—V по В. Н. Занюкову [6]. Условные обозначения к разрезам см. рис. 4)

рисунка этого района. Вдоль Эхабинского-Пильтунского разлома располагаются асимметричные, гребневидные, иногда слегка опрокинутые, линейные складки с близким к меридиональному, с незначительным отклонением к северо-западу простиранием осей. Складки обычно наклонены или даже опрокинуты в сторону надвигания блоков, т. е. к северо-востоку в западном крыле разлома при западном падении сместителя и к юго-западу в восточном крыле при восточном падении сместителя. Крутые крылья складок нарушены взбросо-надвигами северо-западного простирания, а своды — сбросами северо-восточного и субширотного простирания. При удалении от разлома в западном направлении складки приобретают северо-западное простирание, погружаются, становятся значительно более простыми и менее вытянутыми (брахискладки и купола). В расположении складок наблюдается правая кулисность. Углы падения слоев в крыльях антиклиналей редко превышают 15—20°, появляются симметричные складки. При приближении к зоне Гыргыланьи-Оссойского разлома, вдоль которого отмечаются правосдвиговые смещения блоков с амплитудой до 2,5 км, складки снова прибретают субмеридиональное простирание и становятся асимметричными, с опрокинутостью осей в западном направлении.

По данным А. П. Милашина, из 144 антиклиналей северной части Сахалина 52 симметричны, 50 имеют более крутые восточные и 42 более крутые западные крылья. На первый взгляд их расположение беспорядочное, что и послужило основанием [1, 2] для предположения об образовании складчатости в кайнозойских отложениях в результате вертикальных движений блоков фундамента. Однако в расположении складок разных типов имеются определенные закономерности — в западных крыльях субмеридиональных разломов складки волочения всегда опрокинуты на восток, северо-восток, а в восточных — на запад, юго-запад (рис. 2, разрезы *I—I*^{1}, *II—II*^{1}). Подобные явления обычно наблюдаются в зонах сдвигов. Они вызываются силами сжатия, возникающими в процессе сдвиговых смещений блоков, и ориентированными по направлению к центральной части сдвиговой зоны [15]. Простирание осей складок на северо-востоке Сахалина меняется от субмеридионального вблизи разломов до северо-западного, поэтому наблюдаются

сигмоидальные S-образные изгибы складчатых зон. Интенсивность складчатости при удалении от разломов резко понижается, а сами складки становятся симметричными.

Такой рисунок складчатости свидетельствует о влиянии на ее формирование сдвиговых движений блоков фундамента вдоль субмеридиональных разломов. Первоначально образовавшиеся кулисные складки волочения северо-западного простирания в результате новейших сдвиговых подвижек приобрели вблизи разломов субмеридиональное простирание, параллельное плоскостям сместителей разломов.

Южнее Паромайского нефтяного месторождения сдвиговая зона прослеживается в виде двух параллельных ветвей, между которыми располагаются брахиантиклинальные складки, вмещающие скопление углеводородов. Далее на юг пологие складчатые изгибы миоцен-плиоценовых отложений, вмещающие нефтяные месторождения, погребены под моноклинально залегающими плиоценовыми отложениями (месторождение Монги), а основная зона разлома, по-видимому, проходит восточнее, вдоль побережья Охотского моря, где она намечается линейной цепочкой термальных источников, проявлений нефти и газа, грязевого вулканизма, а также линейным расположением эпицентров землетрясений и гравитационным уступом.

Зона Эхабинско-Пильтунского разлома отмечается повышенной сейсмичностью (до 7—8 баллов по 12-балльной шкале). Современные вертикальные тектонические движения, вызвавшие общее поднятие приразломной зоны, сопровождаются сдвиговыми смещениями. Во время Ногликского землетрясения 1964 г. преобладающим типом движения был правый сдвиг крыльев разлома вдоль субмеридиональной почти вертикальной плоскости с простиранием северо-восток 12° [13]. Кроме сдвигового смещения отмечается также опускание западного крыла относительно восточного, обусловленное, по-видимому, отклонением плоскости неотектонической трещины к северо-востоку (вправо) от общего меридионального простирания сдвиговой зоны, что и вызвало вдоль разлома явления растяжения.

В Восточно-Сахалинских горах продолжением Северо-Сахалинской сдвиговой зоны является Центральный разлом. По этому разрыву наблюдается отчетливое правосдвиговое смещение на 25 км пояса палеозойских метаморфических сланцев, прорванных палеогеновыми гранитоидами. В северной части Восточно-Сахалинских гор при переходе зоны сдвига из мезозойских отложений в неогеновые амплитуда бокового смещения вдоль Центрального разлома резко уменьшается. На этом участке, по-видимому, наблюдается сочленение Центрального разлома с Эхабинско-Пильтунским, с образованием в районе Набиль-Катангли местного участка сжатия, выразившегося в виде серии вбросо-надвигов северо-западного простирания, входящих в зону Катанглийского разлома (см. рис. 1).

Чередование участков сжатия и растяжения вдоль зоны Центрального разлома наблюдается также в южной части Восточно-Сахалинских гор. В среднем течении долины р. Лангери зона Центрального разлома отклоняется от меридионального простирания к северо-востоку (вправо). На этом отрезке образовался узкий, шириной 1—2 км, ступенчатый грабен, протягивающийся почти на 40 км (рис. 1, 2, разрез *III—III*[1]). Грабен выполнен слабодиагенезированными конгломерато-песчано-глинистыми образованиями позднемиоцен-плиоценового возраста, мощностью до 600 м. В восточной части грабена, вдоль основной зоны сдвига, неогеновые отложения залегают почти вертикально. Опускание зоны грабена продолжалось и в позднечетвертичное — современное время, поэтому он хорошо выражен в рельефе в виде узкой межгорной впадины, рассекающей Центральный хребет Восточно-Сахалинских гор.

Южнее, в верховьях р. Оленьей, зона Центрального разлома на протяжении 4,5 км отклоняется от меридионального простирания к северо-западу (влево). На этом участке наблюдается серия пологопадаю-

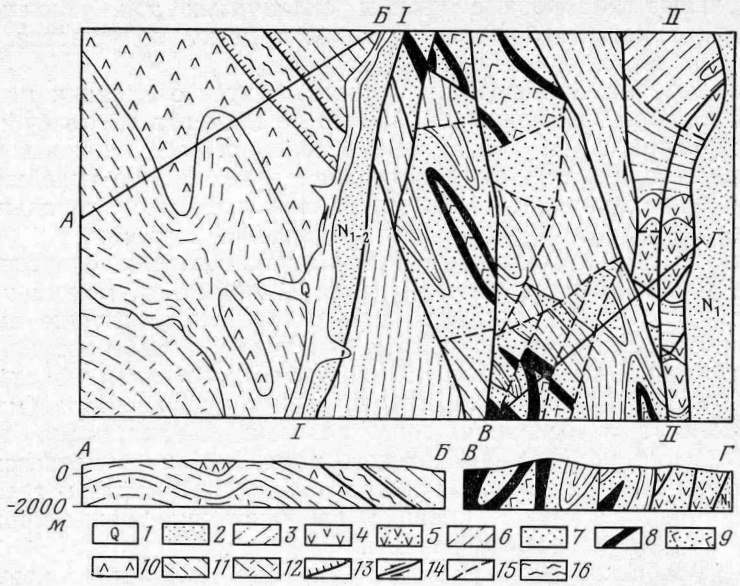

Рис. 3. Схема геологического строения Центральной части Восточно-Сахалинских гор *1* — четвертичные гравийно-галечные отложения; *2* — неоген (песчаники, алевролиты); *3—5* — верхний мел (рымникская серия): *3* — глинистые сланцы; *4* — спилиты, андезиты, туфы, яшмы, известняки; *5* — песчаники, туфопесчаники; *6—9* — юра — нижний мел (набильская серия): *6* — глинистые сланцы; *7* — песчаники, алевролиты; *8* — спилиты, диабазы, яшмы, известняки; *9* — песчаники и глинистые сланцы с прослоями спилитов, яшм, известняков; *12—10* — палеозой (вальзинская серия): *10* — зеленые сланцы; *11* — плойчатые графито-альбито-кварцевые сланцы; *12* — филлиты; *13* — надвиги; *14* — сдвиги; *15* — прочие разрывы и разрывы, перекрытые четвертичными отложениями; *16* — зона динамометаморфизма (рассланцованные юрские — нижнемеловые отложения). I—I — зона Центрального сдвига, II—II — зона Прибрежного сдвига

щих на северо-восток чешуйчатых надвигов, вдоль которых мезозойские образования (яшмы, граувакки, спилиты, диабазы, с линзами серпентинитов и габброидов), превращенные в тектоническую брекчию типа меланжа, надвинуты на слабодиагенезированные конгломерато-песчано-глинистые верхнемиоцен-плиоценовые отложения, одновозрастные с отложениями, выполняющими Лангерийский грабен (см. рис. 1, 2, разрез *IV—IV*[1]). Расположение участков растяжения (грабенов) и сжатия (надвигов) вдоль изогнутых участков Центрального разлома характеризует последний как правый сдвиг.

Параллельно Центральному разлому в Восточно-Сахалинских горах располагаются еще два крупных правосторонних сдвига: Прибрежный и Лиманский. В связи с присутствием в зонах сдвигов вертикальных фестончатых складок с субширотным и северо-восточным простиранием крыльев наблюдаются торцовые сочленения мезозойских складчатых структур, разграниченных этими разломами (рис. 3).

Пересечение складчатости и надвигов северо-западного простирания с субмеридиональными зонами сдвигов создает своеобразный ступенчатый структурный рисунок со смещением каждого восточного блока в южном направлении. В результате юрские — нижнемеловые отложения срезаются Прибрежным сдвигом, а вулканогенно-кремнистые верхнемеловые отложения — Лиманским сдвигом (см. рис. 1).

Сдвиговые зоны Восточно-Сахалинских гор отличаются чрезвычайной сложностью строения и включают обычно несколько сближенных, прямолинейных разломов субмеридионального простирания и множество разрывов северо-западного и северо-восточного простирания. При повторных сдвиговых движениях блоков вдоль подобной системы трещин происходили самые разнообразные комбинации смещений. В местах искривлений и в зонах сочленений сдвигов возникали отдельные участки растяжения типа Лангерийского грабена, имеющие тенденцию к прогибанию, и участки сжатия, типа системы надвигов р. Оленьей,

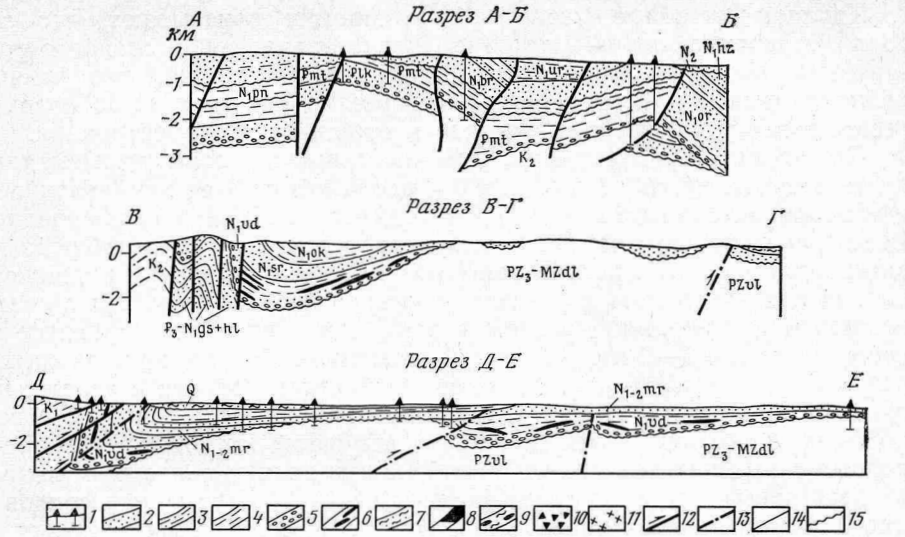

Рис. 4. Геологические разрезы через Тымь-Поронайскую и Пограничную впадины (разрез А—Б по Ю. А. Косыгину и др. [11], разрез Д—Е по Э. А. Енгалычеву, 1962, с дополнениями автора)

1 — буровые скважины; *2* — пески и песчаники; *3* — алевролиты; *4* — аргиллиты, кремнистые аргиллиты; *5* — гравелиты и конгломераты; *6* — каменные угли и углистые аргиллиты; *7* — четвертичные глины, пески, гравий и галечники; *8* — нефтяные и газовые залежи; *9* — серпентинитовый меланж; *10* — андезиты; *11* — диориты: *12* — разрывы; *13* — предполагаемые разрывы; *14* — согласные геологические границы; *15* — несогласные геологические границы. Свиты: N_1hz — хузинская; N_1ur — уранайская; N_1br — борская; N_1pn — пиленгская; Pmt — мутновская; Plk — люкаминская; N_2 — нутовская; $N_{1-2}mr$ — маруямская; N_1ok — окобыкайская; N_1sr — сертунайская; N_1vd — верхнедуйская; P_3—N_1gs+hl — гастелловская и холмская нерасчлененные; PZ_3—MZdl — далдаганская серия; PZvl — вальзинская серия

имеющие тенденцию к поднятию. В результате в широкой зоне сдвига отмечаются отдельные горст-антиклинальные и грабен-синклинальные структуры, ограниченные со всех сторон разрывами. В связи с синхронным конседиментационным развитием подобных структур третичные отложения района характеризуются резкой фациальной изменчивостью, крайне непостоянной мощностью и наличием многочисленных локальных несогласий (рис. 4, разрез *А—Б*).

Вдоль северных продолжений Центрального, Прибрежного и Лиманского сдвигов располагаются неогеновые впадины, образование которых, по-видимому, обусловлено возникновением зон растяжения вдоль разломов северо-восточного простирания, оперяющих основные сдвиги.

Зоны субмеридиональных разломов Западного Сахалина (Тымь-Поронайского, Западно-Сахалинского) располагаются вдоль простирания мезозойско-кайнозойских прогибов. На вероятное наличие вдоль этих разломов кроме взбросо-надвиговой также и сдвиговой компоненты смещения впервые обратил внимание П. Н. Кропоткин. По его мнению, на сдвиг указывает кулисообразное расположение отдельных частных антиклинальных складок, ориентированных под углом 20—45° по отношению к общему меридиональному простиранию Западно-Сахалинского антиклинория. П. Н. Кропоткин подчеркивает, что «в главном антиклинории Сихотэ-Алиня также наблюдаются непараллелизм и кулисообразное расположение складок, указывающие на сдвиг противоположного знака» [8, с. 61].

Большинством геологов Тымь-Поронайский разлом рассматривается в качестве взбросо-надвига, вдоль которого верхнемеловые отложения надвинуты на палеоген-неогеновые [5, 6, 10]. Такие надвиги на одном из участков установлены бурением. Однако если рассматривать зону этого разлома на всем ее протяжении, то она обнаруживает неоднотипное строение.

Крупномасштабные геологические съемки показывают, что зона разлома, шириной от 1—2 до 10 км, представляет собой сложную полосу интенсивных складчатых и разрывных дислокаций, включающую кроме разрывов субмеридионального простирания множество разрывов северо-западного, северо-восточного и субширотного простирания.

При общем субмеридиональном простирании зона испытывает в плане пологие дугообразные изгибы, вдоль которых ее направление меняется от северо-восточного до меридионального и северо-западного. Всего вдоль разлома можно выделить три таких изгиба. Наблюдаются резкие различия в строении зоны разлома и в направлении движений блоков вдоль отрезков с разным простиранием. На участках с северо-западным простиранием разлом хорошо выражен в виде сравнительно узкой, шириной 1—2 км, полосы сближенных взбросов, наклоненных на запад под углами 60—80°. Местами отмечаются надвиги с углами наклона сместителя до 30—50°. На таких участках выведены на поверхность земли блоки нижнемеловых (альбских) отложений. Основной разрыв зоны представляет собой взброс или надвиг меловых отложений на неогеновые, легко прослеживается на аэрофотоснимках и сопровождается тектоническим уступом в рельефе. Неогеновые отложения восточнее зоны надвигов смяты в узкие, сжатые, опрокинутые на восток складки (см. рис. 4).

Восточнее основной зоны разлома в центральной части Сахалина отмечаются своеобразные брахиантиклинали с ядрами, сложенными мезозойско-палеозойскими образованиями, выходящими на поверхность (Онорская, Таулан-Армуданская) или погребенными под неогеновыми и четвертичными отложениями (Буюклинская). Палеогеновые и нижнемиоценовые отложения (гастелловская, холмская свиты) по направлению к осям этих поднятий выклиниваются, а мощность неогеновых отложений (верхнедуйская, сертунайская, окобыкайская, маруямская свиты) резко сокращается. Наблюдается как бы перекатывание осевой части неогенового прогиба в восточном направлении вслед за отступанием на восток конседиментационного поднятия, сложенного мезозойско-палеозойскими отложениями (рис. 4, разрезы *В—Г* и *Д—Е*).

На участках с северо-восточным простиранием разлом представлен неотчетливо. Ширина зоны разлома увеличивается до 5—10 км. На Южном Сахалине на отрезке от Кириллово до Синегорска в широкой (до 10 км) зоне разлома отмечается множество разрывов северо-восточного, северо-западного и субширотного простирания, ограничивающих отдельные горсты, грабены и сдвинутые блоки. Тектонический контакт между меловыми и палеоген-неогеновыми отложениями проходит по различным разрывам этой сложной тектонической зоны.

На отрезке от Взморья до Поронайска между меловыми и третичными отложениями обычно наблюдается стратиграфический контакт. Разлом здесь выражен резким флексурным перегибом (см. рис. 1, рис. 2, разрез V—V) и отдельными разрывами типа сбросов. Вдоль зоны разлома картируются протяженные пояса интрузивных даек среднемиоценовой диоритовой формации и эруптивных центров андезито-базальтовой формации [6, 9]. Отдельные крупные дайки вытянуты в северо-восточном направлении на расстояние до 10 км, при ширине 1—2 км. Диаметр палеовулканических построек достигает 5—6 км (г. Монетная). К участкам северо-восточного простирания приурочены также четвертичные грязевые вулканы.

В Александровском районе на подобном участке образовалось несколько эшелонированных грабенов, выполненных среднемиоценовыми угленосными отложениями, и отмечаются положительные аномалии, по-видимому, отражающие влияние «слепых» интрузивных даек, внедрившихся в зону растяжения разлома.

Таким образом, отрезки Тымь-Поронайского разлома северо-западного простирания соответствуют зонам сжатия, а отрезки с северо-восточным простиранием — зонам растяжения. Подобное распределение напряжений характерно для правых сдвигов [15].

Севернее г. Александровска сдвиговые движения западного крыла Тымь-Поронайского разлома трансформируются в субширотный дугообразный изгиб складчатых структур, сопровождаемый изгибом гравитационных и магнитных аномалий. Далее на север разлом не прослеживается и, по-видимому, кулисно сочленяется с зоной Армуданского разлома.

Закономерное чередование участков сжатия и растяжения наблюдается также и вдоль отдельных разрывов, входящих в систему Западно-Сахалинского разлома. Осевые плоскости складок в третичных и меловых отложениях Западного Сахалина, обычно имеющие северо-западное простирание, при приближении к Тымь-Поронайскому и Западно-Сахалинскому разломам приобретают субмеридиональное простирание, близкое к простиранию разломов. Все эти данные, суммированные с данными о кулисном расположении складчатых структур [8], позволяют предполагать вдоль субмеридиональных разломов Западного Сахалина не только взбросо-надвиговое, но и сдвиговое смещение.

Для охарактеризованных нами районов Сахалина характерно присутствие правых сдвигов субмеридионального простирания, надвигов и взбросов северо-западного и сбросов северо-восточного простирания. Оси складок имеют северо-западное, а при приближении к меридиональным сдвигам приобретают субмеридиональное простирание. Подобный структурный рисунок мог сформироваться в результате горизонтального сжатия в направлении северо-восток — юго-запад под азимутом 40—50° перпендикулярно простиранию складчатости и надвигов. Формирование Сахалинских позднекайнозойских структур сжатия, возможно, связано с синхронными явлениями растяжения земной коры в районах Татарского пролива и впадины Дерюгина (рис. 5).

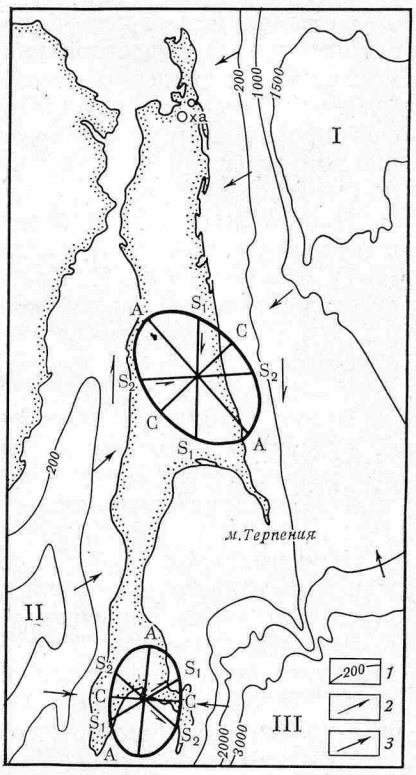

Рис. 5. Схема расположения глубоководных впадин растяжения и схематическое изображение эллипсоида позднекайнозойской деформации о. Сахалин

1 — изобаты; *2* — направление сдвиговых смещений; *3* — предполагаемое направление близгоризонтальных напряжений сжатия. I — впадина Дерюгина; II — Татарский желоб; III — Южно-Охотская впадина

По мнению Ю. Н. Разницина [22], возникновение крупных правосторонних сдвигов в восточной части Сахалина определялось также неравномерным расщеплением (раздвигом) земной коры вдоль оси Южно-Охотской глубоководной впадины. Это явление, по-видимому, значительно увеличило амплитуды сдвиговых смещений вдоль разломов Восточно-Сахалинских гор по сравнению с разломами Западного Сахалина.

Для большей части территории Сахалина определенную помощь в изучении позднекайнозойской тектоники может оказать эллипсоид деформации с горизонтально-ориентированными большой (A) и малой (C) осями. Подобные эллипсоиды с успехом применяются для анализа происхождения тектонических структур в районах сдвиговой тектоники [7]. Ось A этого эллипсоида соответствует преобладающему направлению складчатости и взбросо-надвигов, ось C — направлению сбросов. Круговые сечения отражают направления трещин скалывания (S_1 — правые субмеридиональные сдвиги, S_2 — левые субширотные сдвиги).

Особенно хорошо выражены системы правых сдвигов субмеридионального и сбросов северо-восточного простирания. Система левых сдвигов субширотного, под азимутом 75—85°, простирания закартирована на угленосных полях Западного Сахалина. Амплитуда горизонтального смещения вдоль них незначительна (первые сотни метров, редко 1—2 км), поэтому эти разломы не всегда отмечаются при региональных геологических исследованиях.

Иной структурный рисунок наблюдается в южной части Сахалина (полуострова Крильон и Тонино-Анивский, Сусунайский хребет). Кайнозойские складчатые структуры и взбросо-надвиги имеют на этом участке субмеридиональное простирание. Их образование, видимо, обусловлено близгоризонтальными силами сжатия, ориентированными субширотно. О существовании подобной системы напряжений в современное время свидетельствуют сейсмические материалы по Монеронскому землетрясению, происшедшему в 1971 г. [14]. Большое влияние на формирование структуры этого района, по-видимому, оказало образование зон растяжения земной коры в районах Татарского пролива и Южно-Охотской глубоководной впадины (см. рис. 5).

Происхождение глубоководных впадин Японского и Охотского морей в результате разрыва и раздвига блоков земной коры вслед за Т. Кобаяси обосновано П. Н. Кропоткиным и К. А. Шахварстовой [8]. Процессы растяжения земной коры в районе впадины Дерюгина начались в конце мелового периода [21], в районе Южно-Охотской котловины — в кайнозое (особенно интенсивные в позднем кайнозое), в Японском море — в палеогене [20].

Время заложения палеоген-неогеновых прогибов Сахалина совпадает со временем возникновения глубоководных впадин растяжения краевых морей. По-видимому, кайнозойские тектонические движения на площади Сахалина синхронны с эволюцией соседних глубоководных впадин.

Максимальная глубина заложения Сахалинских сдвигов, определяемая по глубине очагов землетрясений [30], составляет 30—40 км. Однако подавляющее большинство очагов землетрясений сосредоточено на глубинах 8—10 и 20—22 км. Глубина 20—22 км, по-видимому, соответствует толщине раздвигаемых во впадинах растяжения пластин земной коры. Подобная мощность земной коры отмечается в обрамлении Южно-Охотской и Японской глубоководных впадин с субокеаническим типом строения коры [31]. На этой глубине, видимо, возникают субгоризонтальные сколы земной коры, выходящие на поверхность в зонах надвигов и в зонах сжатия сдвигов.

Теория образования глубинных шарьяжей, сопряженных со сдвигами, разработана А. В. Пейве [16, 17] на примере Альпийского пояса Европы. Образование шарьяжей (тектоническое скучивание) в настоящее время рассматривается как один из основных способов формирования континентальной коры в пределах Северной Евразии [18].

В процессе становления континентальной коры о-ва Сахалин глубина заложения шарьяжей постепенно уменьшалась: от мезозойских глубинных надвигов, по-видимому, связанных с зоной Беньофа [26], до кайнозойских надвигов, связанных со сдвигами. В течение ранних и средних фаз кайнозойской тектонической активности разломы достигали очагов базальтового магматизма, о чем свидетельствуют дайки базальтов, долеритов и щелочных габброидов в зонах растяжения сдвигов. В современное время, судя по глубине очагов землетрясений, тектонические сколы сосредоточены на трех уровнях: в подошве земной коры (глубина очагов 30—40 км), в подошве «гранитного» слоя (глубина очагов 20—22 км) и в породах мезозойско-палеозойского фундамента (глубина очагов 8—10 км).

В зависимости от глубины заложения разломов происходила эволюция магматизма и металлогении Сахалина. С глубинными надвигами северо-западного простирания связаны мезозойские гипербазитовые и габбро-диабазовые пояса и проявления хрома, никеля, кобальта, меди,

марганца, ртути, сурьмы, вольфрама. Глубинные сдвиги контролируют размещение андезито-базальтовой, эссексит-долеритовой, базальтовой магматических формаций неогенового возраста и проявлений мышьяка, сурьмы, ртути [9], которые локализуются как в породах мезозойско-палеозойского фундамента, так и в палеоген-неогеновых отложениях.

Сдвиговые движения впервые отчетливо проявляются в среднем миоцене — в это время образовались вулканические центры и многочисленные дайки в зонах растяжения сдвигов Западного Сахалина. Следующий период сдвиговых движений — плиоцен-плейстоценовый; он устанавливается по наличию в зонах изгибов сдвигов плиоцен-четвертичных грабенов и надвигов мезозойско-палеозойских отложений на плиоценовые. С современной тектонической активностью связана повышенная сейсмичность сдвигов и формирование грязевых вулканов.

Наряду с рудопроявлениями ртути, сурьмы и мышьяка в сдвиговых зонах располагаются многочисленные газо- и нефтепроявления и газонефтяные месторождения, приуроченные к антиклинальным складкам волочения в неогеновых отложениях верхнего структурного яруса. Образование этих месторождений произошло в позднемиоцен-четвертичное время [3], а по мнению некоторых авторов [28], их формирование связано с постплиоценовыми тектоническими движениями в сдвиговых зонах.

В отношении газонефтеносности наиболее перспективны участки, где сдвиги пересекают прогибы, сложенные палеоген-неогеновыми отложениями, и имеют незначительную амплитуду бокового смещения. Месторождения нефти в этом случае либо приурочены к сильно сжатым антиклинальным складкам субмеридионального простирания, непосредственно примыкающим к сдвигу, либо сама зона сдвига является замком для ловушек углеводородов, приуроченных к моноклинально залегающим пластам песчаников и аргиллитов. Эхабинско-Пильтунский разлом является хорошим примером структурного рисунка подобного типа (см. рис. 2, разрезы *I—I*^{1}, *II—II*^{1}). Одно из основных поисковых направлений совпадает в этом случае с направлением зоны разлома. Боковые антиклинальные ветви складок волочения, расположенные под острым углом к направлению сдвига, также вмещают газонефтяные месторождения. Подобным структурным рисунком, возможно, будут обладать северные и южные продолжения зон Прибрежного и Лиманского сдвигов Восточно-Сахалинских гор, Туинского, Лонгрийского и Хейтонского разломов на п-ове Шмидта.

В районах, где наблюдается чередование блоков, сложенных мезозойско-палеозойскими и неогеновыми отложениями (Пограничная впадина), наиболее интересны для поисков участки сжатия сдвигов, где под надвигами и взбросами могут быть погребены ловушки, сложенные неогеновыми отложениями. Зоны надвигов в Восточно-Сахалинских горах часто включают пластины серпентинитов или серпентинитового меланжа, которые могут служить резервуарами для газонефтяных залежей. К зонам сжатия приурочены также конседиментационные горст-антиклинальные поднятия, на склонах которых могли образоваться литолого-стратиграфические ловушки, связанные с местными несогласиями и выклиниванием песчаных толщ.

Вдоль зоны Тымь-Поронайского взбросо-сдвига на участках сжатия месторождения углеводородов могут быть погребены под надвигами меловых отложений на палеоген-неогеновые и под надвигами внутри палеоген-неогенового комплекса осадков. Выявление подобных надвигов, а также надвигов мезозойско-палеозойских отложений на неогеновые, возможно в зоне сочленения структур Восточного и Западного Сахалина в пределах Тымь-Поронайской впадины.

Ю. М. Пущаровский [19] показал близкое сходство истории геологического развития и тектонической структуры Сахалина и расположенной на противоположной стороне Тихого океана Калифорнийской кайнозойской складчатой зоны. В частности, было показано подобие структуры и даже особенностей литолого-стратиграфических разрезов проги-

бов Грейт-Валли и Западно-Сахалинского, выполненных меловыми и третичными отложениями.

Прогибы Восточного Сахалина, наложенные на мезозойско-палеозойский фундамент и выполненные палеоген-неогеновыми отложениями, также обнаруживает значительное сходство с кайнозойскими прогибами Западной Калифорнии. На формирование структурного рисунка в том и другом районах значительное влияние оказали правосторонние сдвиги.

Сдвиги отмечены во многих других районах Тихоокеанского подвижного пояса и являются одной из его характерных особенностей. Помимо главных разломов, параллельных Тихоокеанскому поясу, наблюдаются также сдвиги меньшего масштаба, ориентированные под углом к Тихоокеанскому кольцу [4, 8].

В некоторых газонефтеносных районах Тихоокеанского пояса к сдвиговым зонам приурочены крупные газонефтяные месторождения (Калифорния, Венесуэла, Индонезия), а также месторождения ртути, сурьмы, мышьяка [12]. Сходная ситуация наблюдается на Сахалине.

Выявление закономерностей сдвиговой тектоники может оказать значительную помощь в исследовании газонефтяных и рудных месторождений острова и окружающих его акваторий.

Литература

1. *Алексейчик С. Н.* Роль вертикальных глыбовых подвижек в формировании структуры о. Сахалина.— Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостехиздат, 1961, вып. 181, с. 112—120.
2. *Алексейчик С. Н., Гальцев-Безюк С. Д., Ковальчук В. С., Сычев П. М.* Тектоника, история геологического развития и перспективы нефтегазоносности Сахалина.— Тр. ВНИГРИ Л.: Гостоптехиздат, 1963, вып. 217. 230 с.
3. *Алексейчик С. Н.* (ред.). Геология нефтяных и газовых месторождений Сахалина.— Тр. ВНИГРИ. М.: Недра, 1974, вып. 328, 183 с.
4. *Бениофф Х.* Движения по крупнейшим разломам.— В кн.: Дрейф континентов. М.: Мир, 1966, с. 75—104.
5. Геология СССР. XXXIII, Ч. 1. Остров Сахалин. Геологическое описание. М.: Недра, 1970, 431 с.
6. *Занюков В. Н.* Центрально-Сахалинский разлом и его роль в тектонике острова.— Докл. АН СССР, 1971, т. 196, № 4, с. 913—916.
7. *Капфер Д. Г.* Деформационные диаграммы, предлагаемые для анализа разломов и складок в орогенических поясах.— В кн.: Геология и геохимия рудных месторождений. М.: Мир, 1971, с. 152—162.
8. *Кропоткин П. Н., Шахварстова К. А.* Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1965. 365 с.
9. *Ковтунович Ю. М., Рождественский В. С., Семенов Д. Ф.* Магматические комплексы Сахалина и их металлоносность.— В кн.: Магматические комплексы Дальнего Востока. Владивосток; Дальневосточное кн. изд-во, 1971, с. 229—236.
10. *Козырев В. Д.* Некоторые данные о региональном тектоническом разрыве Центральной Сахалинской низменности.— Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостоптехиздат, 1956, вып. 99, с. 216—229.
11. *Косыгин Ю. А., Дуничев В. М., Тютрин И. И., Шапошников А. В.* Новые данные о геологическом строении Южного Сахалина.— Докл. АН СССР, 1980, т. 250, № 1, с. 169—172.
12. Металлогения ртути. М.: Недра, 1976, 255 с.
13. *Оскорбин Л. С., Поплавский А. А., Занюков В. Н.* Ноглинское землетрясение 20 октября 1964 г. Южно-Сахалинск: Дальневосточное кн. изд-во, 1967, 86 с.
14. *Оскорбин Л. С., Леонов Н. Н., Волкова Л. Ф., Воробьева Е. А.* Монеронское землетрясение 5 (6). IX. Землетрясения в СССР в 1972 г. М.: Наука, 1975, с. 203—213.
15. *Пейве А. В.* (ред.). Разломы и горизонтальные движения земной коры.— М.: Наука, 1963, вып. 80. 312 с.
16. *Пейве А. В.* Разломы и тектонические движения.— Геотектоника, 1967, № 5, с. 8—24.
17. *Пейве А. В.* Океаническая кора геологического прошлого.— Геотектоника, 1969, № 4, с. 5—23.
18. *Пейве А. В., Яншин А. Л., Зоненшайн Л. П., Книппер А. Л., Марков М. С., Моссаковский А. А., Перфильев А. С., Пущаровский Ю. М., Шлезингер А. Е., Штрейс Н. А.* Становление континентальной земной коры Северной Евразии.— Геотектоника, 1967, № 5, с. 7—25.
19. *Пущаровский Ю. М.* О тектонике Сахалина.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1964, № 12, с. 42—61.
20. *Пущаровский Ю. М., Меланхолина Е. Н., Разницин Ю. П., Шмидт О. А.* Сравнительная тектоника Берингова, Охотского и Японского морей.— Геотектоника, 1977, № 5, с. 21—35.

21. *Разницин Ю. Н.* Сравнительная тектоника гипербазитовых поясов полуострова Шмидта (Сахалин), Папуа (Новая Гвинея) и Сабах (Калимантан).— Геотектоника, 1975, № 2, с. 68—84.
22. *Разницин Ю. П.* Офиолитовые аллохтоны и сопредельные глубоководные впадины на западе Тихого океана: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ГИН, 1979, с. 27.
23. *Рождественский В. С.* Сдвиги Восточно-Сахалинских гор.— Докл. АН СССР, 1969, т. 187, № 1, с. 156—159.
24. *Рождественский В. С.* Сдвиги в Восточном хребте п-ова Шмидта на Сахалине.— Геол. и геофизика, 1972, № 10, с. 131—134.
25. *Рождественский В. С.* Сдвиги Северо-Восточного Сахалина.— Геотектоника, 1975, № 2, с. 85—97.
26. *Рождественский В. С., Речкин А. Н.* Серпентинитовый меланж и некоторые особенности тектонического развития о. Сахалин.— Докл. АН СССР, 1975, т. 221, № 5, с. 1156—1159.
27. *Рождественский В. С.* О сдвиговых смещениях вдоль зоны Тымь-Поронайского разлома на о. Сахалин.— Докл. АН СССР, 1976, т. 230, № 3, с. 678—680.
28. *Сапрыгин С. М., Горохов В. К., Тронов Ю. А., Харахинов В. В.* Закономерности размещения месторождений нефти и газа в приматериковых районах Дальнего Востока.— Геол. и геофизика, 1978, № 1, с. 3—12.
29. *Смехов Е. М.* Геологическое строение о. Сахалин и его нефтегазоносность.— Тр. ВНИГРИ. Спец. сер. Гостоптехиздат, 1953, вып. 6, с. 250.
30. *Соловьев С. Л., Оскорбин Л. С., Ферчев М. Д.* Землетрясения на Сахалине. М.: Наука, 1967. 180 с.
31. Строение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Новосибирск: Наука, 1976. 367 с.

СахКНИИ
ДВНЦ АН СССР
Новоалександровск

Поступила в редакцию
16.VI.1980