

Магницкий В. А. О возможном характере деформаций в глубоких слоях земной коры и подкоровом слое.— Бюл. МОИП, отдел геол., № 2, 1948.

Магницкий В. А. Основы физики земли. Геодиздат, 1953.

Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. «Недра», 1965.

Магницкий В. А. Физическая природа некоторых типов вертикальных движений земной коры.— В сб.: Современные движения земной коры, № 2, Тарту, 1965₂.

Матцова В. А. Уточненная карта скорости современных движений земной коры на западе Европейской части СССР и некоторые соображения о периоде этих движений.— В сб.: Современные движения земной коры, № 1, М., 1963.

Институт физики Земли
АН СССР

Поступила в редакцию
12.XII.1969

ON THE CONNECTION OF RECENT VERTICAL MOVEMENTS WITH THE GRAVITATIONAL FIELD

I. V. KALASHNIKOVA

Summary

Recent vertical movements of the European part of the USSR are compared with the isostatic anomalies; a frequency filtration of the fields of vertical movements and anomalies of gravity has been carried out. The majority of well pronounced uplifts and subsidences do not indicate their connection with gravitational anomalies. The author comes to the conclusion that vertical movements were mainly caused by a compression or expansion of intrusive matter.

УДК 551.4 : 551.24 (571.651)

Я. А. ДРАНОВСКИЙ

МОРФОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ НИЖНЕ-АНАДЫРСКОЙ ВПАДИНЫ

Нижне-Анадырская впадина является одним из наиболее перспективных на нефть и газ районов Северо-Востока СССР. Не случайно эта впадина была выбрана как первоочередной объект глубокого бурения.

С 1960 г. началось систематическое изучение геологического строения впадины. В первые годы осваивались доступные для исследования горные хребты Пекульней, Рарыткин и северо-восточная часть Корякского нагорья, составляющие складчатое обрамление впадины. Сама впадина, полностью закрытая мощной толщей рыхлых плейстоценовых отложений, привлекала внимание лишь геофизиков, осуществивших на ее территории региональные и детальные аэромагнитные, гравиметрические и сейсмические исследования.

С 1962 г. нами предпринимались попытки использования морфоструктурного анализа для выявления пликативных и разрывных структур, выраженных на поверхности впадины. На нескольких эталонных участках в краевой зоне впадины, где степень обнаженности позволяла изучать геологическое строение в полевой обстановке, и в районах детальных геофизических работ было опробовано свыше полутора десятков геоморфологических методов. Наиболее эффективные из них послужили рабочей основой для морфоструктурного анализа всей территории впадины.

Нижне-Анадырская впадина ограничена с запада антиклинориями хребтов Пекульней и Рарыткин, с юга — Чирынайским антиклинорием (северо-восточная часть Корякского нагорья), с севера и северо-востока — магматической зоной Охотского-Чукотской ветви Восточно-Азиатского вулканогенного пояса и антиклинорием хребта Золотого, а на Востоке раскрывается в сторону Берингова моря.

Рельеф района непрерывно развивался с палеогена до современной эпохи. Весьма интенсивно проявились плиоценовые движения. Это выразилось в увеличении осадконакопления, разрушении древних поверхностей выравнивания, проявлении базальтового вулканизма, резком расчленении рельефа и т. д. Основные черты геоморфологического строения района определяются сочетанием аккумулятивного равнинного рельефа Нижне-Анадырской впадины и денудационного сильно расчлененного рельефа горного обрамления. В предгорьях, вблизи впадины, развит холмисто-увалистый денудационный и ледниковый рельеф. Высоты окружающих впадину гор колеблются в пределах 400—1300 м над уровнем моря. Высотные отметки впадины обычно не превышают 40—50 м (в среднем 10—20 м).

Мощная и достаточно разветвленная гидросеть района принадлежит системам рек Анадырь, Великая, Танюер, Канчалан и Туманская. В горах реки быстры, порожисты, с резко изломанным продольным профилем и глубоко врезанными узкими каньонообразными и корытообразными долинами. Во впадине долины рек широки и заняты аккумулятивными террасами.

Согласно сейсмическим и отчасти буровым данным, центральная часть впадины на правобережье р. Анадырь имеет следующее строение.

На докембрийском фундаменте залегает относительно слабо дислоцированная толща условно палеозойского и мезокайнозойского возраста мощностью около 6 тыс. м. Мощность плейстоценовых отложений в тектонических депрессиях и мульдах достигает 500—550 м. Остальную часть осадочного чехла образуют молассы, верхние горизонты которой представлены угленосными отложениями.

О происхождении впадины и ее структурной принадлежности высказывались различные точки зрения. Большинство геологов рассматривают ее в качестве кайнозойской впадины на срединном массиве (В. А. Титов, И. М. Русаков, Г. М. Власов, М. В. Богданова и В. Т. Матвеевко, В. Ф. Белый и другие, в том числе автор). Г. Г. Кайгородцев (1961), Е. Н. Костылев и Ю. К. Бурлин (1966) выделяют ее как наложенную межгорную впадину. Существует представление о гетерогенном строении впадины. Используя методы морфоструктурного анализа для решения главной задачи — выявления частных особенностей новейшей тектоники впадины — предусматривалось специальное исследование крупных морфоструктур с тем, чтобы проверить высказанные выше предположения и на основании установленных различий морфоструктур (если таковые имеются) детализировать общую структуру впадины.

Важным исходным геологическим документом, в той или иной степени контролировавшим данные морфоструктурного анализа, явилась структурная карта подошвы кайнозойского осадочного чехла (поверхность верхнеюрско-валанжинских (?) отложений), построенная для центральной части впадины Б. Г. Должанским, а для южной — автором.

Предварительная качественная оценка связи рельефа и структур проводилась путем сопоставления карты структурной поверхности подошвы осадочного чехла и топографической карты. Более точная и строгая корреляция геологических и геоморфологических элементов была сделана с учетом математического критерия. В работе использовался метод математической корреляции поверхностей (Ю. А. Мещеряков и Л. Е. Сетунская, 1960). Топографическая карта и карта структурной по-

Верхности подошвы осадочного чехла покрывались квадратной десятикилометровой сеткой. В каждом квадрате, обеспеченном 36 замерами высот рельефа и подошвы осадочного чехла, вычислялся коэффициент корреляции. По значениям коэффициентов корреляции, отнесенным к середине квадратов, строилась карта в изолиниях. Максимальные значения коэффициентов корреляции на карте характеризуют участки поверхности впадины, имеющие наиболее высокую степень унаследованности по отношению к структурам фундамента.

Количественная характеристика глубины расчленения рельефа была получена по методу, предложенному В. П. Бухарцевым (1966). Исходной основой послужила та же десятикилометровая сетка, нанесенная на топографическую карту.

Среди других картографических приемов морфоструктурного анализа продуктивными в условиях Нижне-Анадырской впадины оказались методы составления карт изобазит и остаточного рельефа (Философов, 1960) и метод составления карт густоты мегатрещиноватости (Гольбрайх, Забалуев, Миркин, 1965). Второй метод хорошо оправдал себя в районах со слабо расчлененным рельефом, где возможности метода В. П. Философова крайне ограничены.

Наиболее широко в нашей работе был применен метод изучения мегатрещиноватости. Под мегатрещиноватостью И. Г. Гольбрайх, В. В. Забалуев и Г. Р. Миркин (1965), предложившие этот термин, понимают мелкие прямолинейные элементы рельефа и ландшафта (суходолы, реки, прямолинейные понижения, полосы растительности, спрямленные края лесных массивов, озер, болот и т. п.). Установлено, что спрямленные элементы рельефа и гидросети геологически обусловлены и часто являются результатом проявления на земной поверхности дизъюнктивных нарушений фундамента и осадочного чехла (Воронов, Егорова, 1958; Милашев, 1958; Чарушин, 1960; Геренчук, 1960; Бардановская, 1960; Гольбрайх, Забалуев, Миркин, 1965 и др.).

Предварительная обработка данных по мегатрещиноватости Нижне-Анадырской впадины и окружающих ее хребтов проводилась путем сведения мелких прямолинейных элементов рельефа и гидросети в участки и региональные розы-диаграммы. Это позволило получить общую картину распределения мегатрещин, выявить основные направления предполагаемых трещин и разрывов осадочного чехла и поверхности фундамента впадин.

Количественный анализ тектонически обусловленных прямолинейных элементов рельефа и гидросети проводился путем составления карты густоты мегатрещиноватости по способу «скользящего окна» (Гольбрайх, Забалуев, Миркин, 1965). Радиус круга («окна») был принят равным одной трети поперечника структуры.

Структурная интерпретация карт густоты мегатрещиноватости производилась следующим образом. Выделялись зоны пониженной густоты как потенциальные своды антиклиналей и мульды синклиналей. Площади повышенной густоты огибали эти зоны полностью или частично. Зоны различных значений густоты мегатрещиноватости изучались с геоморфологических позиций с целью их сопоставления с качественными показателями новейших движений земной коры. Для районов горного обрамления Нижне-Анадырской впадины проводилось сравнение четырех типов роз-диаграмм, составленных по трещинам в коренных породах, разрывам, мегатрещиноватости и крупным прямолинейным речным долинам. Влияние физико-географических условий на формирование гидросети учитывалось путем раздельного анализа припойменных и водораздельных участков.

Учитывалось, что на достаточно больших площадях азимутальное распределение трещин и разрывов сходно. В большинстве случаев тектоническая трещиноватость имеет максимальную густоту на перегибах

слов и, следовательно, ее распределение зависит от типа структуры. Гребневидные складки характеризуются зонами повышенной трещиноватости в своде, коробчатые — на крыльях и периклиналях.

Применение указанных выше методов морфоструктурного анализа в комплексе с данными гравirazведки позволило выявить целый ряд локальных антиклинальных структур на территории Нижне-Анадырской впадины (табл. 1).

Таблица 1

Метод выделения структур	Количество структур	Метод выделения структур	Количество структур
Гравirazведка	13	Морфометрический и гравirazведка	5
Мегатрещиноватости	7	Мегатрещиноватости и гравirazведка	6
Морфометрический	13	Морфометрический, мегатрещиноватости и гравirazведка	9
Морфометрический и мегатрещиноватости	5		

Примечание. Под морфометрическим методом подразумевается метод В. П. Философова.

Таблица 2

Район	Простираание разрывов			
	главные системы, град.		подчиненные системы	
Пекульнейский антиклинорий	СВ10—40		СВ 290—325	Ортогональная система
Рарытский антиклинорий	СВ 15—20	СВ 70	СВ 295—340	Ортогональная система в центральной части антиклинория
Чирьнайский антиклинорий	СВ 30	СВ 65—70	СЗ 300	СЗ 325°
Нижне-Анадырская впадина (простираание мегатрещиноватости)	СВ 35	—	СЗ 325	СЗ 350—355°
Нижне-Анадырская впадина (южная часть)		СВ 65—70	СЗ 295—300	
Корякское нагорье	СВ 45—50	СВ 62—65	СЗ 325	
Камчатка	СВ 35		СЗ 325	

Десять структур было подтверждено сейсморазведкой. Преобладают пологие брахиантиклинальные складки с соотношением осей 2:1, 3:2, 3:1. Реже встречаются купола и куполовидные складки. Структуры с соотношением осей 3:1 имеют наиболее крупные размеры и довольно часто разделены поперечной седловиной на две части. Размеры структур (в километрах) колеблются от 5:4 до 19:8.

Ориентировка антиклинальных складок совпадает с простирааниями региональных структур. При этом выявилось преимущественное северо-восточное простираание складок (рис. 1). Изменение ориентировки складок в широких пределах (от В 90 до СВ 5—10°) подчеркивает, скорее всего, прерывистый характер складчатости и косвенно указывает на большую зависимость локальных структур от разрывных нарушений фундамента, определяющих штамповый генезис складок.

Разрывные нарушения на площади Нижне-Анадырской впадины установлены главным образом по геофизическим данным. 16 основных разрывов группируются в два главных направления: СВ 65—70° и СЗ 295—300°. Почти все разрывы этих простирааний приурочены к юго-западной и южной частям впадины (переработанным и опущенным участкам Чирьнайского антиклинория) и близко совпадают с ориентировкой двух из трех основных систем разрывных нарушений Чирьнайского антиклинория (табл. 2).

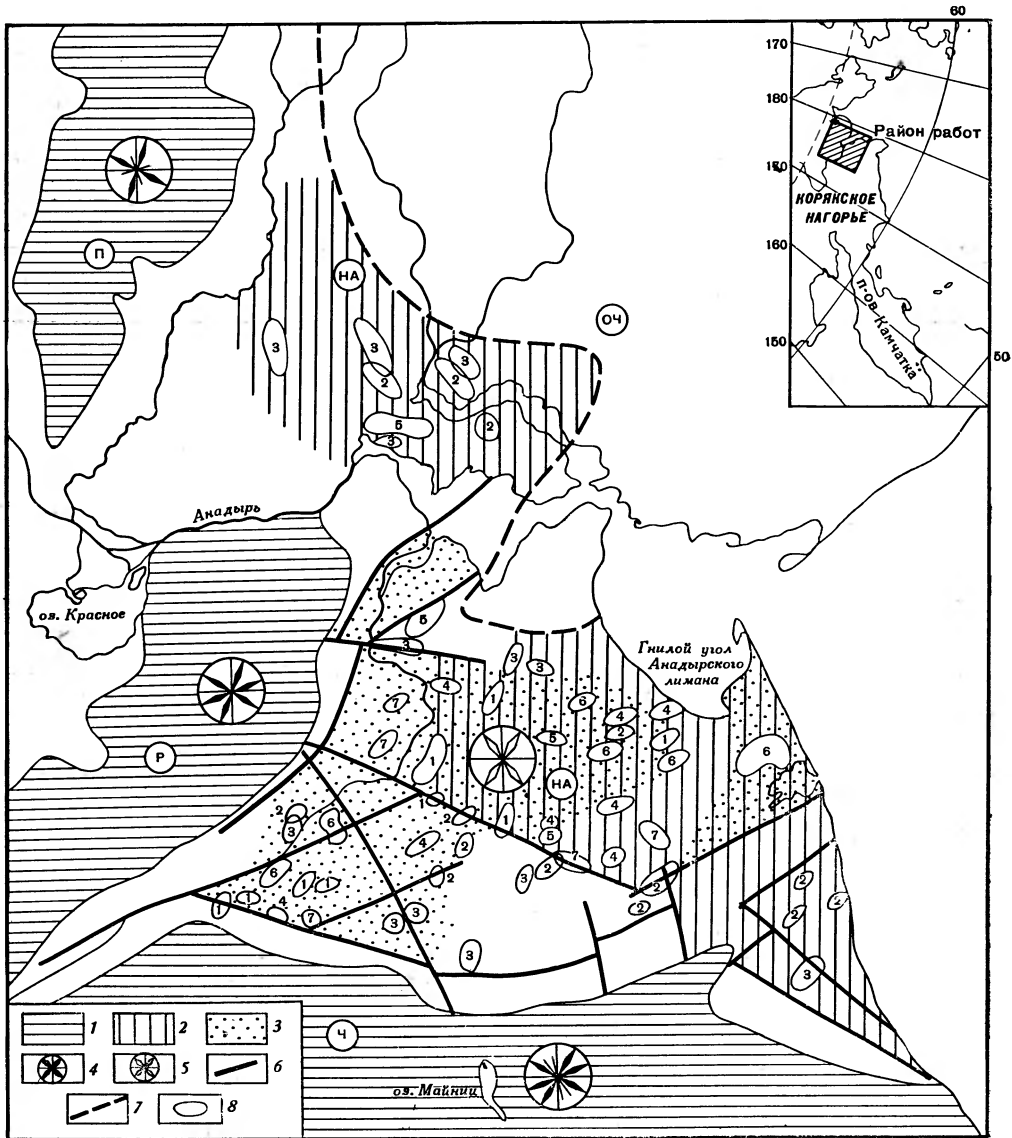


Рис. 1. Тектоническая схема Анадырского района

Условные обозначения: 1 — складчатые районы; 2 — районы впадины со средним массивом в основании; 3 — районы высокой унаследованности рельефом поверхности J_3-Cr_1 (?) отложений (коэффициент корреляции $>0,5$); 4 — роза-диаграмма разрывных нарушений в складчатых районах; 5 — роза-диаграмма мегатрещиноватости; 6 — разрывные нарушения; 7 — граница Охотско-Чукотской ветви Восточно-Азиатского вулканогенного пояса; 8 — локальные структуры. *Антиклинории*: П — Печульнейский, Р — Рарытский, Ч — Чирынайский, НА — Нижне-Анадырская впадина, ОЧ — Охотско-Чукотская ветвь Восточно-Азиатского вулканогенного пояса. *Локальные структуры* выделенные: 1 — по комплексу данных (геофизика, морфометрия, мегатрещиноватость), 2 — гравиметрией, 3 — морфометрией, 4 — по мегатрещиноватости, 5 — гравиметрией и морфометрией, 6 — гравиметрией и по мегатрещиноватости, 7 — морфометрией и по мегатрещиноватости

В табл. 2 приведены данные о разрывах Анадырского района, Корякского нагорья и Камчатки. Следует отметить две ярко выраженные системы разрывных нарушений: СВ 35° и СЗ 325° ($+5^\circ$), активных в неоген-четвертичное время. В одних районах (на Камчатке) эти разрывы развивались унаследованно, в других были наложены на сетку грещин и разрывов, сформированную на более ранних этапах геологической истории.

Анализ большого количества (около 3000 замеров) прямолинейных элементов рельефа и гидросети Нижне-Анадырской впадины показал,

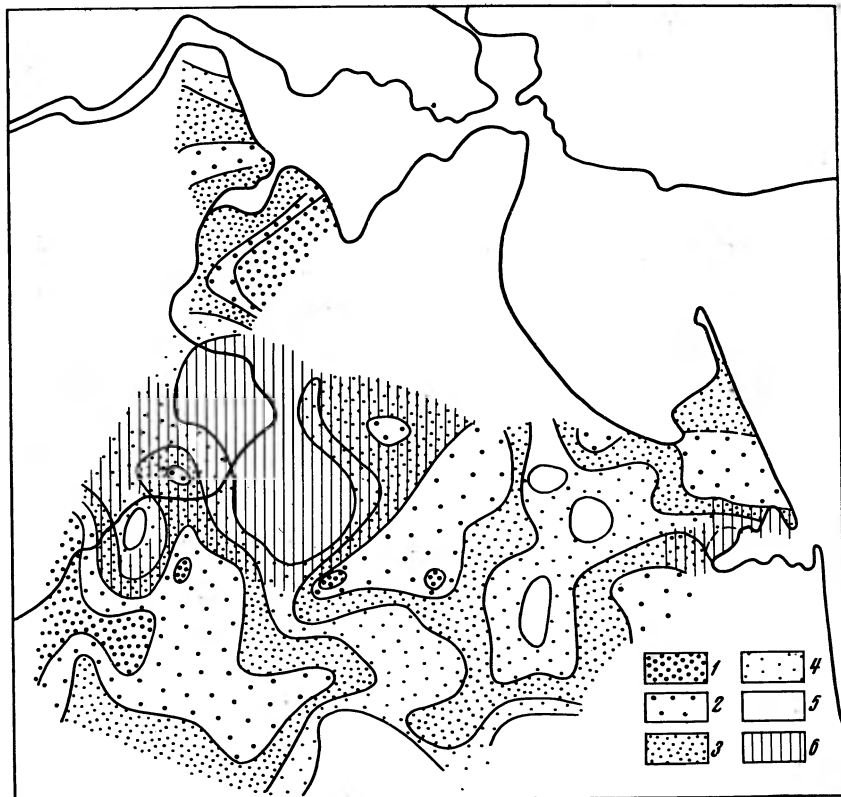


Рис. 2. Карта математической корреляции поверхностей современного рельефа и подошвы кайнозойского осадочного чехла

Условные обозначения. Коэффициент корреляции: 1 — 0,7—0,9; 2 — 0,5—0,7; 3 — 0,3—0,5; 4 — 0,1—0,3; 5 — 0,1 и 0; 6 — предполагаемая область высоких значений коэффициентов корреляции ($>0,5$)

что, несмотря на разнообразие ориентировки этих элементов в сводной розе-диаграмме, мегатрещиноватость впадины сохраняет только два направления: СВ 35° и СЗ 325° ($\pm 5^\circ$).

Весьма показательным, что ведущее простирание локальных структур Нижне-Анадырской впадины (СВ $45\text{—}50^\circ$) совпадает с ориентировкой разрывов центральной части Коряжского нагорья, выраженных в меловых, юрских, палеозойских отложениях и параллельных простиранию складчатости. Этот факт косвенно свидетельствует об относительно независимом положении молодых систем трещиноватости СВ 35° и СЗ 325° во впадине по отношению к локальным структурам, унаследованным, вероятно, от более древних структур.

Прямая зависимость рельефа впадины от «фундамента» подтверждается и математической корреляцией (рис. 2). Исключение составляет узкая зона (до $30\text{—}35$ км) северо-восточного простирания (СВ $30\text{—}35^\circ$) по линии оз. Майниц — Гнилой угол Анадырского лимана, где отмечаются низкие значения коэффициентов корреляции. По данным сейсморазведки, в этой зоне своды структур с глубиной нередко смещены. Встречаются и новообразованные «бескорневые» структуры. Обращает на себя внимание простирание этой зоны СВ $30\text{—}35^\circ$, совпадающее с ориентировкой продольной системы молодых (наложенных) трещин и разрывов.

Интересные данные были получены в результате анализа карты расчлененности рельефа (рис. 3). По глубине расчленения рельефа площадь

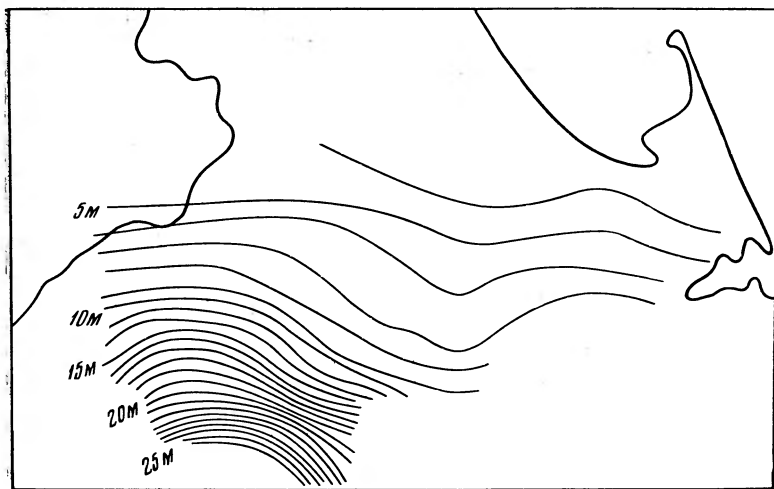


Рис. 3. Карта расчлененности рельефа

впадины (южнее р. Анадырь) разделяется на два участка. Северный характеризуется слабым расчленением рельефа (4—8 м) и большим заложением изолиний, а южный — высокой расчлененностью (9—25 м и более) и малым заложением изолиний. Граница между обоими участками четкая.

Карта расчлененности рельефа, вероятно, является косвенным показателем гетерогенного строения фундамента впадины. Северный участок можно рассматривать как район впадины со срединным массивом в основании, а южный участок — как район впадины, наложенный на складчатые структуры Чирынайского антиклинория.

Таким образом, указанные выше методы морфоструктурного анализа дают положительные результаты при поисках структур на территории Нижне-Анадырской впадины и ее складчатого обрамления.

В хорошо обнаженных складчатых районах выявляется тесная связь мелких прямолинейных элементов рельефа и гидросети с трещинно-разрывной сеткой, выраженной в коренных породах. Поскольку аналогичная связь установлена для многих платформенных территорий СССР, анализ прямолинейных элементов рельефа и гидросети Нижне-Анадырской впадины может быть с успехом использован для выявления ее тектонического строения.

Из общей суммы мегатрещин, замеренных в пределах впадины, выделяются две группы. Одна группа мегатрещин тесно связана с локальными структурами, в основном унаследованными от структур фундамента. Другая группа (простираясь СЗ 325° и СВ 35°) составляет наложенный региональный фон мегатрещиноватости, обусловленный проявлением новейших движений Камчатского направления. В этой зоне движениями земной коры были сформированы наложенные структуры.

Сравнительный анализ карты расчлененности рельефа и структурной карты основания осадочного чехла позволяет высказать предположение о сложном (гетерогенном) строении поверхности фундамента Нижне-Анадырской впадины. В центральной и северной частях впадины осадочный чехол залегает на срединном массиве. Современный структурный план характеризуют пологие складки субплатформенного типа с небольшими амплитудами новейшего поднятия. В южной части впадины осадочный чехол перекрывает комплекс Чирынайского антиклинория. Для этого района характерны более крутые антиклинальные складки с ясно выраженными признаками новейшего поднятия.

- З. Н. Барановская. Геоморфологический метод изучения тектонической трещиноватости.— Тр. Гидропроекта, 1960, сб. III.
- В. Ф. Белый. О тектоническом строении правобережья нижнего течения р. Анадырь (Ларамиды северо-востока Азии).— Материалы по геологии и полезным ископаемым СВ СССР, 1963, № 16.
- М. В. Богидаева, В. Т. Матвеевко. Основные и ультраосновные интрузии Коряжско-Анадырского района (Северо-Востока СССР).— Тр. ВНИИ-1, 1960, т. XVIII, геол.
- В. П. Бухарцев. К использованию статистических признаков раздробленности фундамента при прогнозе нефтегазоносности.— Нефтегазовая геология и геофизика, 1966, № 2.
- П. С. Воронов, И. С. Егорова. Анализ ориентировки спрямленных участков речных долин юго-восточного Таймыра для изучения неотектоники.— Тр. НИИГА, 1958, т. 80.
- К. И. Геренчук. Тектонические закономерности в орографии речной сети Русской равнины, Львов, Изд-во Львовск. ун-та, 1960.
- И. Г. Гольбрайх, В. В. Забалуев, Г. Р. Миркин. Тектонический анализ мегатрещиноватости — перспективный метод исследования закрытых территорий.— «Советская геология», 1965, № 4.
- Г. Г. Кайгородцев. К тектонике бассейна р. Анадырь.— Материалы по геологии и полезным ископаемым СВ СССР, вып. 15, Магадан, 1961.
- Е. Н. Костылев, Ю. К. Бурлин. Геологическая история развития Анадырской впадины.— Докл. АН СССР, 1966, т. 166, № 5.
- Ю. А. Мещеряков, Л. Е. Сетунская. Приемы количественной характеристики взаимосвязей природных явлений по картам с помощью коэффициентов корреляции.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1960, № 1.
- В. А. Милашев. К вопросу о связи гидросети с разломами и тектонической трещиноватостью пород.— Информ. бюлл. НИИГА, вып. 7, Л., 1958.
- В. П. Философов. Краткое руководство по морфометрическому методу поисковых структур.— Изд-во Саратовск. ун-та, 1960.
- Г. В. Чарушин. О связи гидросети и тектоники в Иркутском амфитеатре.— Изв. Всес. геог. о-ва, сентябрь — октябрь. 1960, т. 92, вып. 5.

ВНИГРИ

Поступила в редакцию
8.VII.1969

**THE USE OF A MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS
FOR STUDYING THE TECTONIC STRUCTURE
OF THE NIZHNE-ANADYR DEPRESSION**

YA. A. DRANOVSKY

Summary

The use of a morphostructural analysis while prospecting for oil- and gas-bearing structures in the Nizhne-Anadyr Depression gives positive results. A close examination of the linear elements of relief and drainage system (megafracturing), with the use of geophysical data, shows that plutonic (intrusive) structures of the sedimentary mantle and the basement have their expression in the present relief of the Depression. Data obtained by the morphostructural analysis helps to define inherited and superimposed structures of the sedimentary mantle.