Сейсмология

УДК 551.24

ПРИЗНАКИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Ю. В. Казанцев[1], ***Т. Т. Казанцева***[2]

EVIDENCE OF THE EARTH'S CRUST RECENT TECTONIC ACTIVITY

Kazantsev Yu. V., Kazantseva T. T.

The paper gives facts which show evidence for the recent activity of ancient thrust faults.

Проводимые региональные геологические исследования Урала, Восточно-Европейской платформы, Крыма, Карпат, Кавказа и других регионов показали, что некоторые разрывные элементы структуры, возникшие в палеозое, мезозое и кайнозое, т.е. 450–50 млн лет назад, проявляют тектоническую активность и в настоящее время [1, 2]. Примеры современных тектонических движений обнаружены на Кимперсайском гипербазитовом массиве (восточный склон Южного Урала, в 4 км юго-восточнее пос. Новокиевского) [3]. По мнению исследователей [4], большинство этих случаев связано с омоложением палеозойских надвигов. В местах выхода этих разломов на дневную поверхность наблюдаются деформированность грунта, усиление процессов оврагообразования, карстовые явления, оползни.

Изучение зон разрывных нарушений в различных районах Европы, Азии, Америки, Австралии, Африки позволило установить, что они часто представлены брекчиями, милонитами, перемятыми горными породами, подвергнутыми складчатости, причем характер таких явлений изменяется по простиранию.

Впервые на наличие новейших тектонических движений в дислокациях, возникших сотни миллионов лет назад, указали исследователи, занимавшиеся изучением режима эксплуатации обсадных колонн в разведочных скважинах [5–7], а также проходчики горных выработок на рудных месторождениях [8]. В работах [9, 10] также обращается внимание на чрезвычайно важное значение измерения напряжения пород в горных выработках и изучения тектонических полей напряжений для решения многих задач геотектоники и сейсмологии. Проведение подобных исследований, помимо решения задач прикладного назначения, дало бы ценнейшую информацию об активности тектонических разрывов разных типов и об особенностях современного тектонического режима в конкретных районах.

В пределах Челябинской области (с. Коркино) обнаружено интенсивное смятие нижнемезозойских угленосных и более молодых (вплоть до четвертичных) отложений, сопровождающееся надвигообразованием и свидетельствующее о значительной тектонической активности этих территорий в настоящее время, что доказывает существование интенсивных тектонических проявлений в четвертичный период. В частности, о послекиммерийских движениях в этом районе свидетельствуют факты присутствия разрывов, осложняю-

[1]Казанцев Юрий Васильевич, д-р геол.-минерал. наук, член-кор. АН Республики Башкортастан, заведующий лабораторией структурной геологии ИГ УНЦ РАН.

[2]Казанцева Тамара Тимофеевна, д-р геол.-минерал. наук, академик АН Республики Башкортастан, заведующая лабораторией тектоники ИГ УНЦ РАН.

щих фронтальные части надвигов, расчленяющих толщи угленосных пород. Данные документации шахты № 2 Егоршинского месторождения указывают на развитие многочисленных трещин, раздувов, пережимов, раздробленности до сыпучего состояния пластов угля и вышележащих сланцев [8].

Выявлен скачок скоростей современных движений по Ашинскому сдвигу в Предуралье [11, 12]. По линии высокоточного нивелирования вдоль железной дороги Самара-Уфа-Челябинск обнаружено, что среднегодовая скорость современных поднятий достигает 4,4–6,5 мм/год. Такого рода тектонические движения характерны не только для горной области Урала, но и для платформенной территории. За 40 лет (1904–1943 гг.) Туймазинская антиклиналь, представляющая собой висячий бок надвига, претерпела воздымание на десятки сантиметров, а лежачий бок в этот период, напротив, испытал погружение аналогичной амплитуды.

Известно, что современная структура всех орогенов, предгорий и платформ сформировалась под воздействием сил мощного тангенциального сжатия и представляет собой сложный комплекс разновозрастных и разноранговых аллохтонов, последовательно надвинутых один на другой. В процессе надвигания фронтальные части аллохтонов подверглись складчатым деформациям так, что наблюдается закономерное расположение валов антиклинальных складок в висячих боках надвигов вдоль линии их выхода на дневную поверхность. Таким образом, в условиях латерального сжатия формируется тектоническая пара *надвиг–складка*, являющаяся потенциально сейсмоактивной, независимо от ее расположения в регионе. Это связано с долгоживучестью надвиговых дислокаций, с многократным возобновлением периодов надвигания, непосредственно влияющих на формирование тектонических структур.

По результатам геолого-геофизических исследований были составлены структурные планы для разных геологических периодов и регионов. Именно в них заложена информация о прошлых геологических (в том числе сейсмических) событиях и содержатся сведения, позволяющие прогнозировать характер развития земной коры в современный период. Установлено, например, что причиной землетрясений в Южной Калифорнии также является надвигообразование.

При проходке горных выработок в угленосных и рудоносных районах имели место аварийные случаи, связанные с пересечением зон тектонических разрывов как при проходке, так и при последующей эксплуатации этих выработок — осыпи и обвалы пород, нарушения крепи, смятие обсадных колонн и т.д. [13]. Встречаются подобные осложнения и в практике бурения на нефть и газ при пересечении скважинами разрывных дислокаций [6]. По зонам разрывов неоднократно возобновляется смещение горных пород, которое может быть как плавным, так и импульсным [5, 10, 14]. Вблизи разрывных дислокаций после затухания движений горные породы способны сохранять часть накопленной упругой энергии, к которой добавляется следующая порция. И так до тех пор, пока не произойдет разрядка напряжения. К числу факторов риска, таким образом, следует отнести и неодинаковую степень тектонической напряженности различных структурных зон и изменение энергетического уровня геодинамических полей во времени как до, так и после смещения по разрывам, и как следствие всего этого — нестабильность горного давления в различных частях структур. Однако эти аспекты изучены пока недостаточно, как и вопросы смятия обсадных колонн скважин в нефтегазоносных районах.

В последние годы проблема современной тектонической активности приобретает особую значимость, что обсуловлено:

1) строительством новых населенных пунктов, крупных хозяйственных и экологически опасных объектов (водохранилищ, химических заводов и др.), прокладкой на большие расстояния различных трубопроводов и пр. Решение этой проблемы, в первую очередь, зависит от предварительной подготовленности структурной (геологической) основы на исследуемый район. Если таковой нет, то властные структуры региона обязаны вменить за правило подготовку такой структурной основы с обязательной оценкой современной тектонической (сейсмической) активности разных элементов этой структуры. При этом важную роль должны играть современные теоретические представления о тектонике района, учитывающие ее повсеместный надвиговый характер. В связи с последним, необходима подготовка в вузах специалистов для таких исследований. Новые теоретические закономерности должны войти в учебники по инженерной геологии;

2) ростом объемов буровых работ, увеличением глубин и стоимости бурения. Такого рода осложнения отмечались в разных странах. Например, в США хорошо известны случаи нарушения обсадных колонн нефтяных скважин в интервалах пересечения плоскостей надвигов [5]. Аналогичные явления отмечены в ряде районов бывшего СССР. Например, в Азербайджане установлена приуроченность ряда случаев смятия обсадных колонн к зонам тектонических нарушений [7]. Подобные факты известны на Северном Кавказе. В качестве одного из интересных примеров такого рода можно привести смятие обсадной колонны в поисковой скважине № 46 на Заманкульском нефтяном месторождении (Терско-Сунженская нефтегазоносная область), бурившейся с целью выяснения характера надвиговых деформаций и оценки нефтеносности юрских отложений.

Заманкульская площадь расположена на западном замыкании Сунженской антиклинальной зоны в пределах выделенной в 1951 г. П. П. Забаринским Датыхско-Ахловской зоны разломов. К этой зоне приурочены эпицентры ряда современных землетрясений, в том числе и на Заманкульской площади (что свидетельствует о тектонической активности этой зоны). В пределах этой площади сейсморазведкой и бурением выявлена складка, сопряженная с надвигом (амплитуда более 2 км). Мощность зоны разрыва достигает нескольких десятков метров.

Скважина № 46, пробуренная до глубины 4 242 м, прошла разрез в присводовой части с частичным вскрытием верхнеюрских отложений, затем пересекла зону надвига (интервал 3 974–4 031 м) и под ним — значительную часть верхнемелового разреза (рис. 1). По окончании бурения в скважину была спущена обсадная колонна на глубину 4 230 м. С октября 1964 г. по октябрь 1965 г. в ней проводился цикл работ по опробованию интервала 4 230–4 242 м в открытом стволе поднадвиговых верхнемеловых отложений. Однако, нарушение обсадной колонны в интервале 4 010–4 020 м вынудило отказаться от освоения поднадвигового интервала. Характерно, что пересечение зоны надвига скважиной № 46 сопровождалось изменением на 26° азимута ствола с одновременным заметным уменьшением угла искривления в зоне разрыва до 3°. После пересечения зоны разрыва, искривление ствола снова увеличилось, достигнув 20°. Искривление стволов скважин при пересечении ими зон надвигов зафиксировано на многих месторождениях углеводородов в Предуралье.

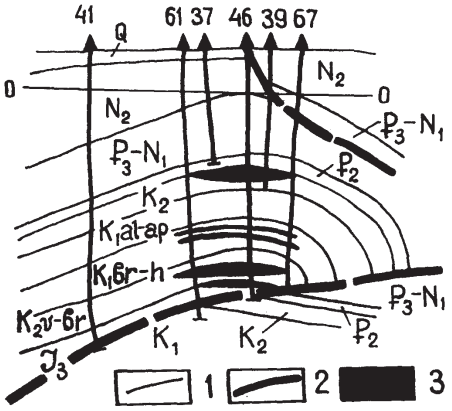

Рис. 1. Геологический разрез Заманкульского месторождения [6]. *1* — стратиграфические границы; *2* — Датыхско-Ахловская зона надвигов в Терско-Сунженской нефтегазоносной области; *3* — залежи нефти

На Заманкульской площади в результате проходки ряда поисковых и разведочных скважин кроме надвига были выявлены малоамплитудные локальные трещины, приуроченные чаще к сводовой, дислоцированной, части складки. В этих интенсивно дислоцированных интервалах и отмечались явления смятия обсадных колонн (например, в скважинах № 73 и № 70). Случаи нарушения обсадных колонн в скважинах, пересекающих зоны разрывов, известны и на других площадях Восточного Предкавказья (например, на Старогрозненской площади в скважине № 9/413).

В 70-е годы в Южном Предуралье при проведении буровых работ Стерлитамакской ГПК отмечались многочисленные случаи резкого искривления стволов скважин в момент пересечения ими плоскостей надвигов. Эти факты позволили предположить, что некоторые надвиги в настоящее время являются тектонически активными, что в последствии подтвердилось и другими фактами.

Причина смятия обсадных колонн в местах пересечения скважинами тектонических разрывов очевидна — она связана с современными движениями горных масс по плоскостям смещения надвигов. Однако на возникновение деформаций в местах крепления скважин могут влиять и различные технические факторы: частые и значительные снижения давлений в скважинах, повышенный

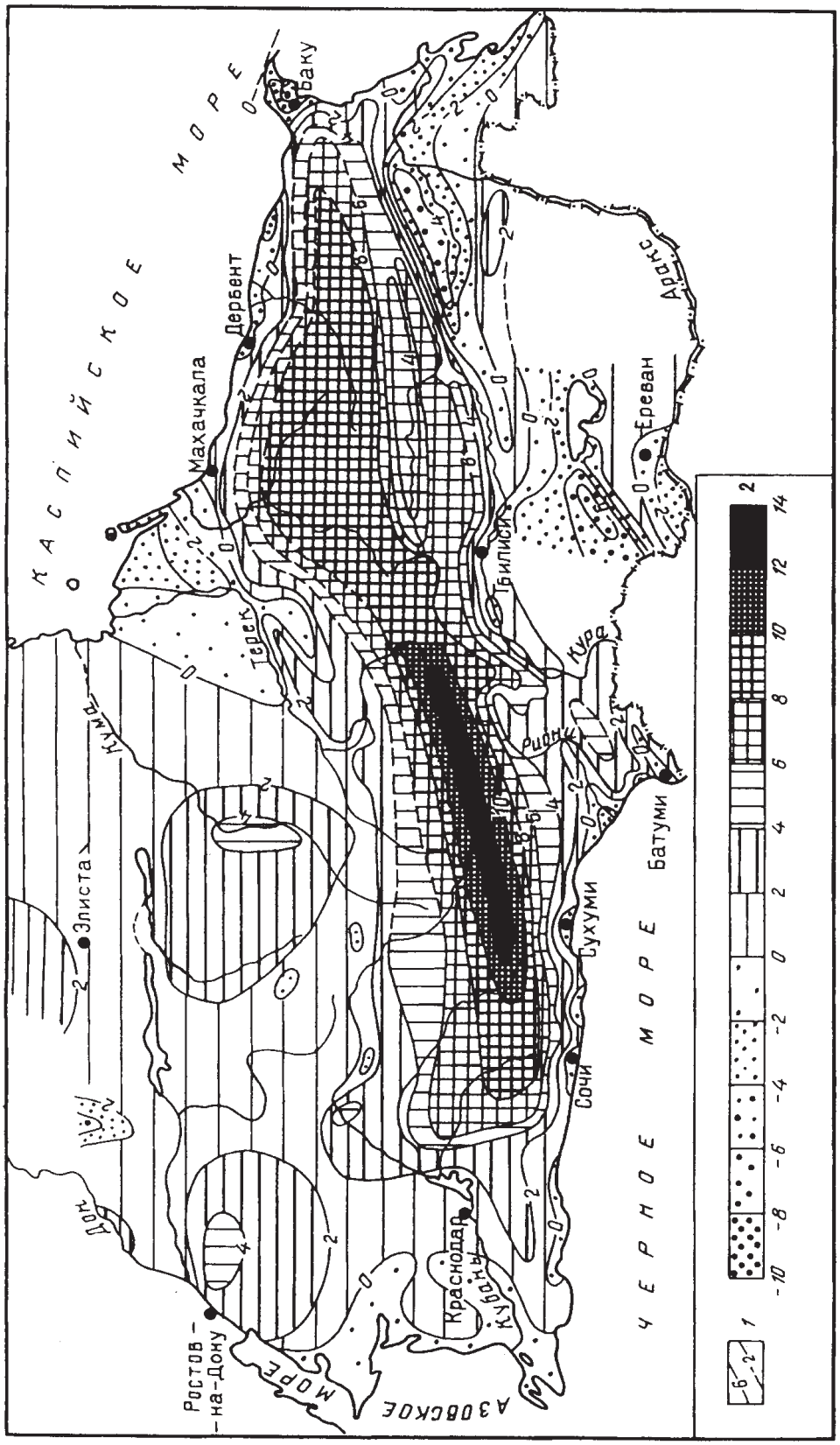

Рис. 2. Современная динамика морфоструктур Кавказа и Закавказья за вторую четверть XX в. (1925/37–1946/50 гг.) [16].

1 — изолинии скоростей современных вертикальных движений по данным повторного нивелирования (мм/год),

2 — региональная дифференциация интенсивности движений (скорости в мм/год)

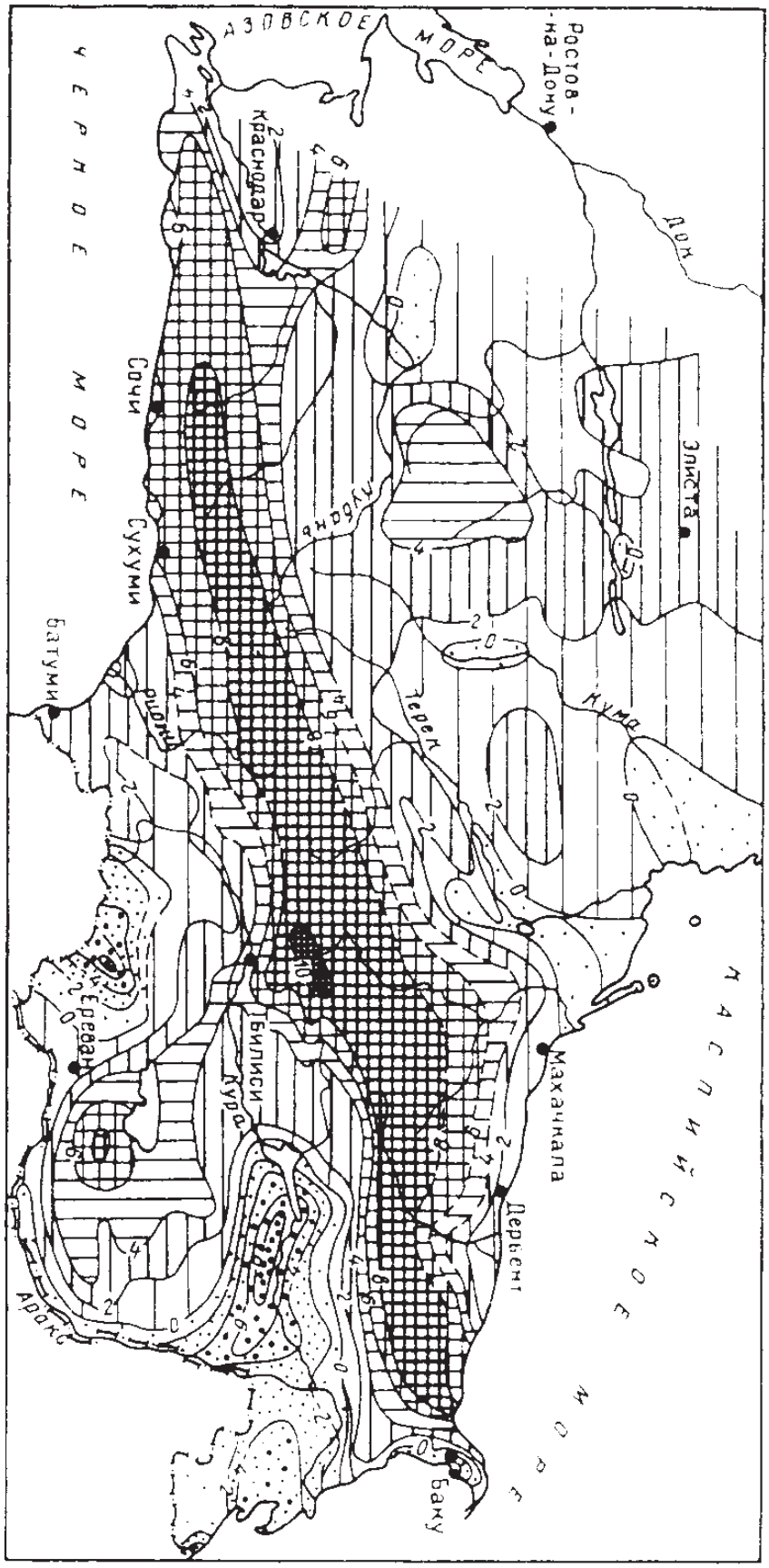

Рис. 3. Современная геодинамика морфоструктур Кавказа и Закавказья за последнюю четверть XX в. (1970/75–1985/92) [16].

Условные обозначения см. на рис. 2

износ обсадных колонн в интервалах изменения азимута и угла искривления стволов скважин при пересечении разрывов, частые спуско-подъемные операции и т.д., которые также следует учитывать. Смятие обсадных колонн обнаружено на многих скважинах в Западной Сибири [15] и др. пунктах. К зонам надвигов приурочены также гипоцентры современных землетрясений.

Итак, современная тектоническая активность обусловлена процессами, связанными с тангенциальным сжатием. При этом в земной коре сохраняется лишь история формирования ее структуры, но никак не палеодислокации, о которых пишут исследователи в последнее время. Эти дислокации подновляются неоднократно, что происходит в период сжатия, а затем уничтожаются эрозией [4]. Поэтому нет нужды изучать предшествующие землетрясения для целей познания сейсмичности земли, как полагают некоторые геологи, имеет смысл лишь изучение дислокаций, как проявление современного циклического тектонического процесса. Использование методики измерения сейсмотектонических колебаний в зонах проявления разрывных дислокаций весьма эффективно при геологическом картировании сейсмоопасных зон.

В работе [16] проведен анализ современных тектонических движений на Кавказе и в Закавказье по данным повторных геодезических измерений этих территорий. Отмечается, что Кавказский сектор Альпийского пояса мог быть моделью по наблюдениям за современной геодинамикой («По густоте сети повторного нивелирования и частоте инструментальных измерений Кавказ превосходит такие классические области, как Альпы и Карпаты, и уступает разве только Японским островам» [16]).

В пределах Кавказа нивелирования проводились в (1895–1900) – (1910–1915) гг. — I цикл, 1925–1937 гг. — II цикл, 1946–1950 гг. — III цикл, 1970–1975 гг. — IV цикл, 1985–1992 гг. — V цикл. Обычно для построения карт современной геодинамики Кавказа использовались наиболее высокоточные нивелировки I и II классов. Кроме того, применялась оригинальная методика инженерно-геоморфологической оценки устойчивости рельефа местности.

Первая модель современных движений была составлена В. А. Матцковой (рис. 2) в 1968 г. на основе данных Н. В. Думитрашко и Д. А. Лилиенберга [16]. На карте видно, что каждая из продольных морфоструктурных зон имеет четкую связь со структурой региона и отличается индивидуальностью своей геодинамики (стиль, интенсивность и дифференциация современных движений).

Построенная позже карта на данную территорию (рис. 3) выявила значительные изменения в интенсивности и направленности тектонических движений. Вместе с тем было обнаружено проявление возвратно-поступательного (пульсационного) механизма горизонтальных движений, блоковый характер морфоструктурной дифференциации земной коры, тесная взаимосвязь современных движений с морфоструктурной дифференциацией земной коры.

Литература

1. *Казанцев Ю. В. и др.* Первые результаты сейсмотектонических исследований на территории Башкортостана // ДАН. 1995. Т. 344. № 6. С. 801–805.
2. *Казанцев Ю. В. и др.* Сейсмичность центрального Башкортостана // Наука в России. 2002. № 6. С. 32–39.
3. *Корин И. З.* К вопросу о молодых нарушениях на Южном Урале // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 23(6). 1948. С. 79–82.
4. *Николаев В. Д.* О времени деформирования сейсмических отражений в консолидированной земной коре // ДАН. 1999. Т. 304. С. 378–381.
5. *Белоусов В. В.* Основные вопросы геотектоники. М.: Гостоптехиздат, 1962. 607 с.
6. *Болтышев Н. И.* Об одной малоизученной особенности зон локальных тектонических разрывов // Геотектоника. 1977. № 3. С. 86–90.
7. *Гасан-Джалалова Т. М.* О геологических и технических факторах, приводящих к ликвидации скважин по техническим причинам на складках Бакинского архипелага // Нефтегазовая геология и геофизика. ВНИИОЭНГ. 1971. № 3. С. 72–76.
8. *Горский И. И.* Геотектонические условия формирования угольных месторождений Урала и связанные с ними особенности геологического строения месторождений // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1943. № 4–5. С. 12–40.
9. *Пейве А. В., Кропоткин П. Н.* Новый подход к изучению напряжений в земной коре // Напряженное состояние земной коры (по измерениям в массивах горных пород). М.: Наука, 1973. С. 5–12.
10. *Гзовский М. В.* Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
11. *Рождественский А. П., Журенко Ю. Е.* Современные тектонические движения восточ-

ной части Русской платформы и Урала и их связь со строением земной коры // Проблемы современного движения земной коры. Труды III Междунар. симпозиума. М., 1969. С. 134–141.

12. *Сетунская Л. Е.* Особенности современных тектонических движений Русской платформы и Урала (по профилю Лиепая-Свердловск) // Современные тектонические движения земной коры и методы их изучения. М.: АН СССР, 1961. С. 71–84.
13. *Лукьянов А. В.* Горизонтальные движения по разломам, происходящие при современных катастрофических землетрясениях // Разломы и горизонтальные движения земной коры. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 42–49.
14. *Казимиров Д. А.* Импульсные тектонические движения // Геотектоника. 1974. № 4. С. 19–33.
15. *Аухатов Я. Г.* Тектонические условия среза обсадных колонн в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири // Геология. Изв. отделения наук о Земле АН РБ. Уфа, 2003. № 9. С. 98–102.
16. *Лилиенберг Д. А., Кафтан В. И., Кузнецов Ю. Г. и др.* Картографические модели вариаций морфоструктур Кавказа и Закавказья для разных эпох // Геоморфология. 1997. № 4. С. 63–74.

Статья поступила 10 ноября 2004 г.
ИГ УНЦ РАН (республика Башкортостан)
© Казанцев Ю. В., Казанцева Т. Т., 2005