

УДК 551.4.04

© 2004 г. Б.П. АГАФОНОВ

СИЛА ТЯЖЕСТИ И “АНТИГРАВИТАЦИОННЫЕ” ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ¹

Рельеф Земли со всей сложной совокупностью различных по своим размерам и формам неровностей внешне представляет собой комплекс простых наклонных динамически однородных поверхностей [1], что благоприятствует повсеместному проявлению гравитационного фактора в его формировании. Важнейшее следствие такой структуры внешнего облика планеты - частицы вещества на наклонных поверхностях под воздействием силы тяжести находятся в потенциально неустойчивом состоянии и стремятся перейти в положение равновесия. Они смещаются, как только силы сцепления и трения между ними или разрыхленным слоем и подстилающей основой становятся меньше скатывающей силы тяжести. Движение воздушных и водных масс под действием силы тяжести тоже вызвано их стремлением к минимуму потенциальной энергии и в основном совпадает с направлением движения продуктов выветривания горных пород. В результате однонаправленности движений, но разных скоростей воздушные и водные массы активно способствуют переходу продуктов выветривания на нижележащий энергетический уровень. Вода дополнительно создает условия для уменьшения трения между частицами грунта.

Ту же роль выполняет вибрация. В результате сейсмических толчков, сотрясений от обвалов, взрывов, прибоев волн, сходов селей, лавин, водопадов, работы промышленных предприятий и тяжелого транспорта неизбежны частые микропульсации обломков, что значительно облегчает их смещение силой тяжести, особенно в моменты, когда все эти вибровозбуждающие источники или основные из них действуют на грунт одновременно. Воздействие составляющей силы тяжести, направленной по уклону, даже далеко недостаточное для выведения обломков из состояния покоя, при пульсациях, вызывающих ослабление связей между ними, приводит к ускорению их сноса, особенно при тиксотропном разупрочнении грунтов или мощных сдвигающих инерционных усилиях от виброисточников. Другие факторы – инсоляционные, биогенные и порожденные ими процессы выветривания – подготавливают материал для его интенсивной транспортировки. Таким образом, подразделение рельефа на наклонные динамически однородные части делает его объектом непрекращающегося и, что особенно важно, всеобъемлющего преобразования силой тяжести, организующей самые разнообразные по генезису подвижки вещества в один общий однонаправленный экзогеоморфологический процесс.

Ведущая роль силы тяжести, очевидная в экзогенном формировании рельефа суши, еще нагляднее и эффектнее проявляется в подводных условиях. Этому способствуют тонкозернистые, полужидкой консистенции, текучие осадки, заполняющие глубинные области водных бассейнов, вследствие чего на дне морей, океанов, крупных озер преобладают обширные, выровненные под воздействием силы тяжести, субгоризонтальные поверхности.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-05-65244).

Чтобы полнее представить значение гравитационного фактора в развитии облика поверхности нашей планеты, проанализируем формирование рельефа еще и в историческом аспекте.

По-видимому, еще в начальный период существования Земли в процессе гравитационного перераспределения вещества сформировался шарообразный облик ее, в отличие от некоторых других космических тел: метеоритов, астероидов, имеющих угловатые формы. Это было одним из скачков в развитии, обусловившим качественно иной облик рельефа космического тела – эмбриона планеты Земля.

Гравитационные перераспределение и дифференциация земного вещества, сопровождавшиеся накоплением внутреннего тепла, и радиоактивный распад активизировали тектонические процессы. Это, очевидно, явилось новым качественным изменением в развитии рельефа Земли, изначально обусловленным в значительной мере тоже силой тяжести.

Следующее существенное изменение в развитии рельефа намечается с периода, когда гравитационная дифференциация вещества Земли по мере выделения соответствующих компонентов в процессе химических реакций привела к образованию воздушной и водной оболочек. Возникновение этих оболочек вызвало резкое изменение условий аккумуляции солнечной радиации у поверхности Земли, и, следовательно, – инсоляционного разрушения горных пород. При содействии динамических сил водных и воздушных оболочек гравитационный снос обломочного материала также значительно увеличился. Вследствие всего этого усилился процесс планации рельефа. Становится очевидным новое качественное состояние его с момента участия в рельефообразовании воздушной и водной оболочек Земли.

В выделившихся под влиянием гравитации воздушной и водной средах создались условия для возникновения и становления на планете еще одного фактора рельефообразования – биосферы. На определенном этапе биосфера, будучи продуктом природной среды, сама начинает воздействовать на формирование природных условий, а через них и на развитие рельефа. К примеру, растительность изменяет альбедо земной поверхности, а также препятствует немедленному удалению продуктов выветривания со склонов и способствует образованию почвенного покрова. В результате уменьшается экспозиция рельефа. Биоорганизмы стали геохимическими факторами выветривания горных пород. Все это не могло не выразиться в качественном изменении развития рельефа.

Многую выделяют те качественные узловые переходы, которые наиболее очевидно изменяли направление развития земной поверхности и облик ее. В рамках этих изменений рельефа возникали скачки менее существенные. В частности, изменения в морфогенезе сопровождали жизнь Земли по мере гравитационной дифференциации внутриземного вещества. Со временем менялся состав верхних слоев Земли, что влияло на развитие рельефа под воздействием гравитационных сил. Наиболее определенно намечается обусловленное ходом этих процессов качественное изменение рельефообразования после возникновения литосферы и распределения ее вещества в пространстве сообразно местным очагам тектонических напряжений.

В процессе эволюции рельефа его качественные преобразования вызывали изменения физического равновесия планеты, вследствие чего были неизбежны колебания скорости вращения ее, значит, и положения земной оси. Форма Земли изменялась соответственно переменному полю сил осевого вращения. Перестройки такого рода дополняли скачкообразное развитие рельефа. Новый качественный уровень его развития осуществлялся при новом соотношении физических сил, на него воздействующих.

Как видим, с силой тяжести связана и экзогенная динамика рельефа и наиболее существенные качественные изменения в непрерывном его развитии. Здесь уместно вспомнить вывод В. Пенка [2], что “движущей силой сноса продуктов выветривания всегда является сила тяжести, независимо от того, происходит ли перемещение масс по земной поверхности произвольно или с помощью подвижной среды” [с. 117].

Рельефоформирующие процессы

Гравитационные	Антигравитационные
1. Обвалы обычные и <i>сейсмогравитационные</i>	1. Песчаные потоки из морей, озер, водохранилищ
2. Оползни обычные и <i>сейсмогравитационные</i>	2. Песчаные эоловые потоки с пойм рек на террасы и склоны долин
3. Осыпи обычные и <i>сейсмогравитационные</i>	3. Выброс волнами из водоемов валунно-галечного материала
4. Снежнолавинный снос обычный и <i>сейсмогравитационный</i>	4. Формирование кос, гряд, баров на отмелях морей, озер и рек
5. Сели обычные и <i>сейсмогравитационные</i>	5. Перенос рыхлого материала смерчами, ураганами
6. Эрозия линейная, плоскостная	6. Морозное выпучивание обломков пород
7. Крип	7. Формирование бугров пучения, гидроакколитов
8. Внутригрунтовый смыв	8. Сооружение биогенного рельефа (атоллы, термитники, сурчины и т. п.)
9. Солифлюкция	9. Воздымание горных хребтов
10. Карст	10. Образование гранитных, соляных куполов
11. Термокарст	11. Взбросы и взбросо-сдвиги
12. Абразия	12. Лавовые вулканические извержения
13. Биогенный снос	13. Воздымание рельефа при надвигах и шарьяжных дислокациях
14. Осаждение вещества в водоемах	14. Фонтанирование ила, песка с водой на дне водоемов при землетрясениях
15. Опускание блоков пород в зонах растяжения земной коры	15. Выдавливание вверх раздробленных пород и блоков при землетрясениях
16. <i>Скатывание обломков по склонам при землетрясениях</i>	16. <i>Сейсмовозбужденное взмучивание донных отложений</i>
17. Ледниковый снос	17. <i>Взмывание в воздух пыли при землетрясениях</i>
18. Ветровой снос	18. <i>Вынос растворенного и взвешенного вещества термальными и холодными водными источниками</i>
19. <i>Изостатические опускания</i>	19. <i>Изостатические поднятия</i>
20. <i>Мутьевые потоки</i>	20. <i>Заброс грунта на склоны сейсмовозбужденными обвалами, оползнями, селями, лавинами</i>
	21. <i>Извержение и разнос вулканического пепла и газов</i>
	22. <i>Вынос обломков горных пород из водоемов при надвигах льда на берега</i>
	23. <i>Сооружение антропогенного рельефа (курганы, терриконы и т. п.)</i>

Примечание. Обычный шрифт – экзогенные процессы, жирный – эндогенные, курсив – процессы, вызываемые как эндогенными, так и экзогенными факторами, или их совместным действием.

Несмотря на такое довлеющее, нивелирующее рельеф глобальное значение силы тяжести, одновременно наблюдаются противоположно направленные геоморфологические процессы (таблица), проявления которых в какой-то мере не согласуются и с общепризнанным только что процитированным положением. Интересны они тем, что материал перемещается ими вверх от горизонтали вплоть до вертикального направления, при этом, по всей видимости, не в меньшем количестве, чем сносится вниз под воздействием силы тяжести в пределах всей Земли. Во всех случаях эти “антигравитационные” процессы преодолевают воздействие силы тяжести, как бы выходя из-под ее всеобъемлющего контроля.

К числу наиболее распространенных из “антигравитационных” процессов относятся потоки песка, выносимого вначале из прибрежных зон морских и озерных водоемов на сушу, а затем далее в глубь территории. На Байкале, например, такие потоки особо интенсивно развиваются при шквальных северо-западных ветрах, срывающихся с Приморского хребта, а затем обрушивающихся на расположенные на их пути острова и противоположный борт Байкальской впадины. Эти ветры, достигающие в районе острова Ольхон ураганной скорости 40–50 м/сек, взмучивая прибрежную воду, используют ее как инструмент для выбрасывания песчаных наносов на пляж. А затем последующими ветрами тех же направлений эти наносы с пляжа подхватываются и транспортируются далее в глубь суши. На своем пути эоловые потоки преодолевают иногда довольно крутые и густо залесенные склоны, простираясь от берега Байкала на сухопутье на 1.5–2 км в виде языкообразных, фациально чуждых напластований чистого, отсортированного среднезернистого песка. Рассмотренный процесс распространен глобально и проявляется везде, где есть достаточное количество песка в подводном вдольбереговом потоке наносов и сильные ветры, дующие с акватории на сушу. Песок с пляжа часто переносится по своеобразным коридорам продува. Деревья на пути песчаных потоков вначале наклоняются по направлению преобладающих сильных ветров, затем погибают, освобождая путь для беспрепятственного перемещения наносов. Чаще деревья, однако, погибают потому, что засыпаются надвигающейся на них песчаной массой. Вблизи побережья нередко формируются песчаные “останцы”, которые удивительным образом сохраняются в условиях воздействия ураганных ветров и даже иногда нарастаются задуваемыми на них свежими порциями наносов.

Аналогичные процессы переноса песка проявляются на некоторых крупных водохранилищах, например, таких, как Братское, уровень воды которого колеблется в течение года до 5.5 м, а в многолетнем режиме до 10 м. По сведениям Г.И. Овчинникова [3], при этом обнажаются отмели шириной до 500 м. По замерам этого автора, с июня 1978 г. по июль 1979 г. с участка Рассвет длиной 5.5 км было вынесено ветром за пределы отмели на побережье около 10000 м³ песчаного материала. В некоторые годы с таких отмелей и пляжей ветрами сносится слой от 5–7 см до 1 м. Песок в виде дюн наступает на лес и степь. За время существования водохранилища с 1967 г. по 2000 г. песчаные дюны продвинулись от абразионного обрыва в глубь территории на 100–200 м, в отдельных случаях – до 700 м, то есть среднегодовые скорости их перемещения достигают 3–6 м, местами 21 м. На побережье Байкала, по нашим замерам [4], скорости подобных процессов значительно ниже – всего от 2.2 см до 98 см в год, что связано с гораздо меньшими колебаниями уровня воды озера (в пределах 2 м) и соответственно малой величиной осушки прибрежной отмели, достигающей 15–25 м.

Подобный процесс выноса песка наблюдается на реках. Песок на их поймы намывается водой во время половодий и частично наплескивается волнами во время штормовых ветров, дующих поперек реки. Этот песок далее подхватывается сильными ветрами тех же направлений и нередко выносится на террасы и коренные склоны, а иногда заносится и на водоразделы. По мере врезания рек и перехода пойменных песков в террасовые процесс их транспортировки на прилегающие территории продолжается значительными темпами. В долине р. Лены [5], например, на песчаных террасах местами сформированы огромные дюны высотой 20–30 м и засыпающие тайгу дюнные цепи. Сыпучие пески постепенно перевеваются из долины на водоразделы, особенно интенсивно по распадкам и логам в коренных породах. Процессы эти развиты глобально и наблюдаются на многих крупных реках с обширными песчаными пляжами.

Следует иметь в виду, что ветер, в отличие от других процессов, например, водных потоков, более динамичен, турбулентен. Притом в ветровом турбулентном потоке возникают восходящие стремительные струи, нередко вихревые вертикальные, способные заносить мелкозернистые продукты выветривания на субвертикальные

береговые откосы, отлагать за их бровкой или рассеивать на прилежащих, а иногда и отдаленных территориях.

Под напором ураганных шквальных ветров около преграждающих им путь субвертикальных откосов создаются сосредоточенное усиленное давление воздуха и особо динамичная среда со стремительными воздушными струями в сторону наименьшего сопротивления – вверх по уклону, особенно по ложбинам. Эти стремительные струи и обретают способность поднимать вверх продукты выветривания пород и забрасывать их за бровку обрывистого склона.

Такие процессы необычайно эффектно проявляются в вершинном, безлесном поясе гор. По устному сообщению иркутских альпинистов (А.Е. Афанасьева и др.), в феврале 2003 г., находясь в горах Алтая на самой вершине пика “20 лет Октября” с абсолютной высотой 4167 м, они стали свидетелями того, как порывы шквального ветра выбрасывали вверх по субвертикальной стенке ледникового кара, на 2–3 м выше ее бровки, струи снега и льдинок вместе с мелкими частицами грунта.

На пологих, встреченных ветром склонах, условий для создания усиленных до такой степени струй несравнимо меньше, так как ветер скользит по ним, хотя и увеличивает приземную скорость в осложняющих поверхность ложбинах, ориентированных по направлению движения воздушных масс. Подобные ложбины как на пологих, так и на крутых склонах выступают в качестве факторов кумуляции энергии процессов переноса вещества.

Во время шквальных ураганных ветров из водоемов выносятся на пляж не только песок, но и гравий, галка и мелкие валуны. Многие участки пляжа полностью сложены этими продуктами разрушения пород. Часто эти отложения не сносятся обратно в водоем, а пополняются все новыми порциями подобных наносов. В результате формируются все расширяющиеся прибрежные галечно-валунные террасы. Вынос из водоема и накопление на берегах таких отложений – особая разновидность “антигравитационных” процессов, присущая большinstву крупных водоемов земного шара. На Байкале почти все крупные аккумулятивные мысы сложены такого рода наносами.

Иногда крупнообломочный материал выносятся с прибрежной отмели при надвигах льда на берега водоема. На низинные побережья морей и океанов значительное количество рыхлого материала заносится цунами. По пологим долинам волны цунами заплескиваются на многие километры и оставляют там вынесенные ими из водоема продукты разрушения горных пород. Формирование кос, гряд, баров в прибрежных зонах морей, озер, рек также относится к “антигравитационным” процессам.

Визуально незаметная испаряющаяся на Земле вода захватывает взвешенные в воздухе вещества и также может переносить их на вышерасположенные отметки местности практически на неограниченное расстояние. Процесс этот глобален.

Заслуживает внимания широким распространением “антигравитационный” процесс морозного выпучивания обломков горных пород. С этим явлением многие исследователи связывают формирование таких оригинальных форм рельефа, как курумы, занимающие до 50% площади гольцовых и подгольцовых ландшафтов некоторых гор Восточной Сибири. Процесс морозного выпучивания издавна досаждал земледельцам, ежегодно очищающим поля от камней. В суровых климатических условиях буквально через год камни вновь появляются на поверхности и в массовом количестве, особенно на моренных отложениях. Уместно упомянуть еще более яркий “антигравитационный” процесс – формирование бугров пучения, гидролакколитов, достигающих высоты 20–40 м и более.

Неисчислимо количество биоорганизмов постоянно роют землю и выбрасывают на поверхность ежегодно сотни тысяч тонн грунта. Особо громадную роль в этом “антигравитационном” процессе принадлежит человеку, вооруженному мощной техникой. К настоящему времени огромными отвалами загромождены обширные территории вокруг горнодобывающих предприятий. По масштабам перемещения горных пород роль человека давно соизмерима с деятельностью многих геологических

процессов, например, таких, как вулканические извержения [6]. Нарращивание в высоту коралловых рифов – тоже биогенный “антигравитационный” процесс.

К локальным, но глобально распространенным “антигравитационным” явлениям относятся извержения вулканов, которые иногда наращиваются в высоту на десятки метров за одно извержение. Особо интересно в их деятельности то, что продукты извержения могут заноситься на самые высокие горные вершины, притом расположенные не только вблизи, но и в тысячах километров от события. Так, пыль, выброшенная во время извержения в 1883 г. вулканом Кракатау, три раза обогнула земной шар и осела на площади 827000 км² [7]. К аналогичным результатам приводят экстремальные ураганы, смерчи, пыльные бури. Некоторые из них поднимали в воздух до 25 км³, или 50 млрд.т пыли и рассеивали на отдаленных территориях [7].

Явно к “антигравитационным” процессам относятся воздымания горных хребтов при столкновении литосферных плит (Гималаи с горной вершиной Эверест – 8897 м) или складкообразовательных процессах, а также противоположия бортов рифтовых впадин, образование сводов, гранитных и соляных куполов, взбросы и взбрососдвиги, поднятия земной поверхности при надвиговых и шарьяжных дислокациях, плюмажи. К такому же ряду процессов следует отнести изостатические поднятия территорий после таяния мощных ледяных покровов или нарушения равновесного состояния земной коры тектоническими процессами.

Многие “антигравитационные” потоки являются прямым продолжением грандиозных гравитационных процессов, точнее, их производными, побочными следствиями. При сходе с крутых склонов снежных лавин, как показали, например, наблюдения в долине р. Анамакит в Верхне-Ангарском хребте [8], обломки горных пород вместе со снежной массой вынеслись на расстояние более 100 м на противоположный берег реки высотой 3–4 м и отложились там после таяния снега слоем до 5 см. Интересно, что отдельные обломки при ударе снежной лавины о днище долины были подняты в воздух и воткнулись в стволы деревьев до высоты 8 м. Практически любой обвал в горах также завершается при ударе о днище долины отскоком обломков пород вверх по противоположному склону. А мощные сейсмогравитационные обвалы способны двигаться на десятки километров, по пути пересекать долины рек и возвышенности, а затем высоко подниматься на противоположные склоны долины или впадины. Так, например, при Перуанском землетрясении 31 мая 1970 г. (M = 7.7) с горы Гуаскаран с высоты 5500–6400 м сорвалось 50–100 млн. м³ грунта и льда. Обвалившийся грунт падал по вертикали 1 км, а далее двигался по уклону 22° – 3 км, 5° – 10 км. Обвальный поток развил скорость не менее 280–335 км/час (многотонные глыбы отбрасывало в стороны до 1600 м), что позволило грунтовой массе переметнуться через гребень высотой 230 м, пересечь долину Рио-Санта и подняться еще на противоположный борт на 83 м [9].

Подобное происходит иногда с оползнями. Как отметил Г. Тазиев [10], во время Чилийского землетрясения 1960 г. (M = 8.6) оползневые массы, соскользнувшие со склонов высотой всего до 60 м и крутизной 30–40°, пронесли сначала по горизонтальному днищу на 200 шагов, погребя под собой поселение с жителями, а затем двинулись на противоположный борт долины. Ледники также способны надвигаться на встречающиеся на их пути возвышения рельефа и соответственно перемещать вверх по склонам продукты выветривания горных пород.

При сильных землетрясениях иногда поднимаются огромные тучи пыли и оседают высоко на горных склонах. В этом отношении показательны наблюдения очевидцев во время 11–12-балльного Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г. При наиболее мощных сейсмолчках 4 декабря 1957 г. в 3 часа 39 мин. 43 сек. пыль поднялась на несколько километров и закрыла всю горную цепь с наибольшей абсолютной высотой 3957 м “... на протяжении, по крайней мере, 220–230 км. В тучах пыли скрылось солнце. Вершины гор появились из пылевого марева к вечеру 5 декабря, но у их подножий, где проходили главные трещины, пыль клубилась еще

целые сутки, причем то здесь, то там вновь поднималась при афтершоках” [11, с. 303].

При этом же землетрясении со дна озера Орок-нур били фонтаны ила. Одновременно во многих пунктах долин и межгорных впадин фонтанировала вода или вода с песком. Подобные фонтаны, поднимавшие в воздух тысячи тонн воды вместе с песком, отмечались и при других землетрясениях, например, при Зайсанском в Казахстане 14 июня 1990 г. и Цаганском на Байкале в 1862 г.

Вследствие Гоби-Алтайского землетрясения образовались своеобразные вихревые структуры с поворотом блоков пород вокруг оси и на их месте возникли куполообразные вздутия высотой до 5–6 м, длиной 30 м при ширине 12–15 м. Аналогичные сейсмокупольные образования без признаков вращения достигали высоты 20–25 м, длины 400 м, ширины 100 м. Образование этих “антигравитационных” куполов происходило путем выдавливания раздробленных пород снизу [11].

Пока мало известно, что происходит на дне крупных озер, морей и океанов. Но и там можно ожидать фонтаны грунта и значительные заплески так называемых турбидитных потоков на склоны возвышенностей, преграждающих им путь. Заплеванию их благоприятствует то, что в более тяжелой, по сравнению с воздухом, водной среде из-за взвешивающего действия давления воды частицы твердого вещества легче перемещаются вверх по склону. Кроме того, в турбидитных потоках, особенно сейсмозабужденных, вероятны бурные завихрения, взмучивание разжиженных донных отложений и занос их на крутые склоны.

Широко распространенный класс “антигравитационных” потоков – бьющие изпод земли всевозможные источники термальных и холодных, в том числе ювенильных вод, выносящие, особенно из карстующихся пород, огромное количество растворенных веществ, значительной частью осаждающихся на выровненных и пониженных участках и таким образом наращивающих земную поверхность.

В целом получается, что на всей земной поверхности проявляются те или иные “антигравитационные” процессы. И результаты их рельефообразующей деятельности сопоставимы с противоположными, объединенными воздействием силы тяжести, процессами, нивелирующими рельеф земной поверхности. Следовательно, рельеф, его возвышение или понижение над средним региональным уровнем земной поверхности определяется количественным соотношением действия именно этих двух групп процессов – гравитационных и “антигравитационных”. Обе эти группы включают в себя явления, обусловленные как эндогенными, так и экзогенными факторами, а также теми и другими совместно (таблица). К последним относятся, например, подготовленные выветриванием пород, но вызванные землетрясениями так называемые сейсмогравитационные обвалы и оползни, скатывание во время сотрясений отдельных обломков горных пород, а из “антигравитационных” – воздымание во время сейсмотолчков облаков пыли и извержения вулканических песка и пепла, которые одновременно подхватываются воздушными потоками, разносятся и могут даже подниматься вверх, осажаясь на встреченных по пути высоких горах. Это типологические случаи комфортного взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, обуславливающих одновекторную направленность литодинамических потоков. Изостатическое поднятие территории, сейсмозабужденное взмучивание донных отложений, а также вынос растворенного и взвешенного вещества термальными и холодными водными источниками также вызываются как экзогенными, так и эндогенными факторами, или их совместным действием. Значит, восходящее развитие рельефа (повышение его абсолютной высоты) обусловлено не только эндогенными, как это принято считать, а и экзогенными или смешанными, эндогенно-экзогенными, процессами, объединенными в “антигравитационную” группу (таблица). Аналогичное можно сказать и про нисходящее развитие рельефа, связанное как с экзогенными, так и с эндогенно-экзогенными силами (таблица). Отсюда следует, что развитие рельефа полнее и точнее раскрывается при анализе взаимодействия не эндогенных и экзогенных, а гравитационных и “антигравитационных” процессов. Такой подход соответствует концепции Н.А. Флорен-

сова [12] о литодинамическом круговороте. Гравитационная группа процессов составляет нисходящую, а “антигравитационная” – восходящую ветви этого круговорота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агафонов Б.П.* Прогнозно-динамическое направление в изучении и картографировании земной поверхности // Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука, 1980. С. 119–130.
2. *Пенк В.* Морфологический анализ. М.: Географгиз, 1961. 356 с.
3. *Овчинников Г.И., Агафонов Б.П.* Развитие эоловых процессов на берегах оз. Байкал и Братского водохранилища и их роль в динамике береговой зоны // Берега морей и внутренних водоемов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, НИЦ ОИГГМ, 1999. С. 150–161.
4. *Агафонов Б.П.* Распространение и прогноз физико-географических процессов в Байкальской впадине // Динамика Байкальской впадины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 59–138.
5. *Коржуев С.С.* Речные дюны и условия их образования (на примере дюн долины Лены) // Происхождение песчаного рельефа и лёсса. М.: Изд-во АН СССР. 1960. Т. LXXX. Вып. 24. С. 3–29.
6. *Сидоренко А.В.* Человек, техника, Земля. М.: Недра, 1967. 66 с.
7. *Наливкин Д.В.* Ураганы, бури, смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. М.: Наука, 1969. 487 с.
8. *Агафонов Б.П.* Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 176 с.
9. *Солоненко В.П.* Сейсмогенные деформации и палеосейсмогеологический метод / Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. С. 5–47.
10. *Тазиев Г.* Когда земля дрожит. М.: Мир, 1968. 251 с.
11. Гоби-Алтайское землетрясение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 391 с.
12. *Флоренсов Н.А.* Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука. 1978. 237 с.

ИЗК СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию
15.12.2003

THE GRAVITY FORCE AND “ANTIGRAVITATIONAL” PROCESSES IN RELIEF FORMATION

B.P. AGAFONOV

S u m m a r y

Unlike the traditional opposition of endogenous and exogenous processes in the relief formation author contradistinguishes the processes running dew to gravity and against it. The latter two types include endogenous as well as exogenous processes. The Processes submitting to gravity comprise the downcast lithoflow, “antigravitational” processes overcome gravity and direct upward. Special attention is paid to out-of-the-way mechanism of waves-wind sand outflow from the large waters onto the slopes covered with thick forest. Some other examples of “antigravitational” processes are given; the conclusion is drawn that the landforms in every certain region are governed by the ratio of these two types of processes.