

## РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОДХОДА К ВЫЯВЛЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ С УЧЕТОМ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ДАННЫХ О ТРАНЗИТНЫХ ТАЛЬВЕГАХ И РОТАЦИИ ЗЕМЛИ

**Соколова Н. В. ORCID ID 0000-0002-4381-4667**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт проблем нефти и газа Российской академии наук»,  
Москва, Российская Федерация, e-mail: sona@ipng.ru*

Статья посвящена актуальной, но недостаточно изученной проблеме, от решения которой зависит создание эффективных геотехнологий, адаптированных к современным изменениям геологической среды. Целью исследования является разработка нового подхода к выявлению негативных геодинамических факторов среды с учетом интегрированных данных о транзитных тальвегах и ротации Земли. Транзитные тальвеги можно рассматривать как индикаторы господствующего процесса уплотнения вещества к центру Земли. С их помощью определялись пределы действия склонов – наклонных участков земной поверхности, на которых размещаются природно-техногенные объекты, в том числе аварийные. С учетом фактических данных об изменениях скорости вращения Земли и принципов определения транзитных тальвегов были впервые выявлены достаточно четкие пространственно-временные структуры, которые дают представления о неровностях земной орбиты. Эти пространственно-временные структуры отражают особенности замедления и ускорения вращения планеты, а также моменты их неблагоприятных проявлений в точках перехода. В такие моменты фиксируется либо минимальное замедление, либо максимальное ускорение. Показана их связь с развитием аварий. Рассмотрено совокупное влияние изменений склонов, склоновых процессов и непрерывного вращения планеты на развитие в 2010 г. аварийной ситуации на нефтедобывающей платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе. Результаты исследования могут быть использованы при разработке экологически чистых нефтегазовых технологий с учетом негативных (для природно-техногенных объектов) изменений склонов при возможных конкретных ситуациях, связанных с вращением Земли вокруг своей оси и с формированием неровностей ее орбитального пути.

**Ключевые слова:** современный геодинамический фактор, транзитный тальвег, склон, скорость вращения Земли, ускорение вращения, замедление вращения, пространственно-временные структуры, орбита Земли

## DEVELOPMENT OF A NEW APPROACH TO IDENTIFYING NEGATIVE GEODYNAMIC ENVIRONMENTAL FACTORS TAKING INTO ACCOUNT INTEGRATED DATA ON TRANSIT THALWEGS AND EARTH ROTATION

**Sokolova N. V. ORCID ID 0000-0002-4381-4667**

*Federal State Budgetary Scientific Institution  
“Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences”,  
Moscow, Russian Federation, e-mail: sona@ipng.ru*

The article under consideration is devoted to a relevant, but insufficiently studied problem, the solution to which determines the creation of effective geotechnologies adapted to modern changes in the geological environment. The aim of the study is to develop a new approach to identifying negative geodynamic environmental factors taking into account integrated data on transit thalwegs and the Earth's rotation. Transit thalwegs can be considered as indicators of the prevailing process of increasing compaction of matter towards the Earth center. With their help, the limits of the slopes action were determined – inclined sections of the earth's surface on which natural and man-made objects, including emergency ones, are located. Based on actual data on changes in the Earth's rotation rate and the principles for determining transit thalwegs, fairly clear spatiotemporal structures were identified for the first time, providing insight into the irregularities of Earth's orbit. These spatiotemporal structures reflect the deceleration and acceleration characteristics of the planet's rotation, as well as the moments of their unfavorable manifestations at transition points. At such moments, either minimal deceleration or maximum acceleration is recorded. Their connection with the development of accidents is demonstrated. The combined influence of slope changes, slope processes, and the Earth's continuous rotation on the development of the 2010 emergency at the Deepwater Horizon oil platform in the Mexico Gulf is examined. The study's results can be used in the development of environmentally friendly oil and gas technologies, taking into account the negative effects (for natural and man-made objects) of slopes changes in possible specific situations related to the Earth's rotation around its axis and the irregularities formation in the Earth's orbital path.

**Keywords:** modern geodynamic factors, transit thalweg, slope, Earth's rotation velocity, rotation acceleration, rotation deceleration, spatiotemporal structures, Earth's orbit

### Введение

Проблема формирования условий активизации современных негативных для социума внешних и внутренних геодинамических процессов является очень актуальной, так как от нее зависит разработка эффективных экологически чистых геотехнологий предупреждения аварийных ситуаций на природно-техногенных объектах различной степени опасности. В настоящее время по данной теме проведено много исследований высокого уровня, которые, однако, сложно, а порой и невозможно использовать при разработке отмеченных геотехнологий [1]. Фиксируется также слабая изученность этой сложнейшей комплексной проблемы с учетом непрерывной динамики вещества земной поверхности и глубоких горизонтов в условиях ротации Земли [2].

При корректной формализации геоданных возникает необходимость минимизации допущений, приведенных и проанализированных в [3]. Там же [3, с. 50] приводится, в частности, и неверное допущение о том, что значения высот рельефа в различных точках земной поверхности функционально не связаны между собой. Такое допущение заложено в методике создания цифровых моделей рельефа. Поэтому эти модели целесообразно модернизировать, чтобы применять их далее для проведения геофизических исследований и изучения напряженно-го состояния недр.

При создании новой базовой геоосновы для цифровых моделей рельефа с учетом современных негативных изменений геологической среды необходимо использовать фактические данные, отражающие непрерывные геодинамические процессы крупного ранга, в том числе господствующее усиление уплотнения вещества к центру Земли. В настоящее время значимость этого процесса недооценивается, хотя совершенно очевидно, что при его ослаблении усилится антипод – процесс разуплотнения вещества к центру Земли, который способен разрушить планету.

Индикаторами господствующего усиления уплотнения вещества к центру Земли являются тальвеги, точнее транзитные тальвеги, обладающие свойством непрерывности [4; 5]. Однако в мире пока тальвеги используются только фрагментарно, не как системные геологические объекты. Отдельные фрагменты тальвегов представлены относительно широко в зарубежной практике для решения конкретных задач, например, модернизации уже существующих цифро-

вых моделей рельефа [6; 7], исследования склоновых процессов [8]. Тем не менее такой фрагментарный подход не позволяет учесть уровни естественного управления процессами денудации и ротационный фактор, что необходимо при совершенствовании геоосновы (фундамента) для технологий недропользования.

В единой системе транзитных тальвегов каждая точка земной поверхности выполняет свои функции. Относительно самые низкие точки являются местными базами денудации (МБД) разного ранга. МБД в узлах транзитных тальвегов отражают взаимодействие встречных гидро- и литодинамических потоков. В таком узле зафиксирован первый уровень естественного управления процессами денудации, при котором роли соединяющихся транзитного потока и его активного притока четко определены. Другие точки выполняют функцию слабых звеньев, связующих МБД между собой, в них реализуются взаимодействия противоположных потоков (имеющих разные МБД) через местный водораздел. Таким образом, транзитные тальвеги структурированы не только узлами, но и воронками, каждая из которых является сферой влияния конкретного узла гидро- и литодинамических потоков.

В настоящее время также недооценивается ротационный фактор в геологии [9]. Хотя, по мнению А. Ю. Ретеюма [10, с. 169], обнаружение импульсов, исходящих из маховика планеты, который при резком изменении скорости своего вращения приводит в движение механизм Эль-Ниньо и Ла-Нинья, открывает перспективы предвидения. Главная трудность состоит в отсутствии надежной информации о факторах, контролирующей продолжительность суток. Согласно [11], график изменения скорости вращения Земли напоминает плавные волны. Одновременно известно, что путь Земли вокруг Солнца неровный, и это отражается на скорости ее вращения вокруг своей оси. При замедлении вращения Земли усиливаются негативные процессы на земной поверхности, в том числе сейсмичность [12; 13].

**Цель исследования** – разработка нового подхода к выявлению негативных геодинамических факторов среды с учетом интегрированных данных о транзитных тальвегах и ротации Земли.

### Материалы и методы исследования

Для показа нового подхода к выявлению негативных геодинамических факторов среды с учетом интегрированных

данных о транзитных тальвегах и ротации Земли был выбран участок земной поверхности с нефтедобывающей платформой в Мексиканском заливе, где в 2010 г. произошла авария [14; 15].

Транзитные тальвеги на земной поверхности определялись с использованием общегеографических карт разного масштаба, а также батиметрических данных [16; 17]. В методическом плане при необходимости поэтапной детализации характера расчленения наклонных участков земной поверхности, где размещены природно-техногенные объекты, целесообразно также применять топографические карты крупного масштаба и материалы дистанционного зондирования Земли. При дешифрировании по аэро- и космическим фотоматериалам склоновых процессов усиления сноса необходимо применять методику, приведенную в работе [18, с. 177–245].

Для учета ротационного фактора использовалась глобальная система гидро- и литодинамических потоков, действующая на земной поверхности и состоящая из мощнейшего течения Западных Ветров (ТЗВ) с запада на восток и двух его активных противоположных притоков (атлантического и тихоокеанского). Данная система, выявленная с помощью транзитных тальвегов самого крупного ранга, помогла определить два режима вращения Земли вокруг своей оси (усиление тихоокеанского притока ТЗВ и ослабление атлантического и, наоборот, усиление атлантического и ослабление тихоокеанского притока ТЗВ). Такие режимы сменяют друг друга через каждые 12 ч. Более подробно это изложено в работе [4].

С использованием транзитных тальвегов разного ранга выделяются три вида взаимосвязанных геодинамических структур естественного управления процессами денудации разного ранга:

1. Положительные области сноса [5].
2. Отрицательные области (депрессии) – сферы узлов транзитных тальвегов [19].
3. Склоны с двумя координатами наклона в ортогональных плоскостях [20].

В методическом плане в зависимости от решаемой практической задачи целесообразно применять сочетания данных структур при ведущей роли одной из них. При разработке, например, геотехнологии недопущения обмеления рек и усиления сейсмичности в качестве ведущих структур целесообразно использовать сферы узлов транзитных тальвегов, при создании геотехнологии предотвращения расчленения участка

земной поверхности и борьбы с усилением эрозионных процессов – склоны, хотя при этом могут учитываться и оставшиеся два вида структур относительно низкого ранга.

Для выявления степени потенциальной опасности разрушения рассматриваемого склона (наклонного в двух ортогональных направлениях участка земной поверхности), на котором размещалась до аварии нефтедобывающая платформа, прежде всего нужно знать его пределы и характер естественного развития. Согласно [20], нижней его границей является транзитный тальвег, верхней – линия водораздела, связанная с отмеченной зоной транзитного тальвега, боковые границы склона отражают пределы взаимодействия двух ортогональных составляющих наклона, одна из которых в зоне транзитного тальвега показывает характер естественного управления как самим склоном, так и эрозионными процессами на нем.

По вновь разработанным соответствующим регламентам с использованием общегеографических и батиметрических (при необходимости) карт крупного масштаба, а также аэрофотоматериалов можно будет определить достаточно точные количественные характеристики границ каждого такого склона на земной поверхности, а также процессов его дренирования и расчленения. Склоны, функционирующие на разных глубоких горизонтах, выявляющиеся с помощью структурных геологических карт, в свою очередь, могут позволить в перспективе получить новые данные о закономерностях современных изменений геологической среды, влияющих на степень безопасности природно-техногенных объектов.

Из трех видов геодинамических структур склоны являются более мобильными. Поэтому необходим их мониторинг. Наиболее опасный режим развития склона – растяжение его в плоскости управляющего транзитного тальвега, расчленение и разрушение. Этот негативный процесс реализуется при определенном режиме ротации Земли.

Так как по факту ТЗВ совпадает по направлению с вращением Земли вокруг своей оси и движением ее по орбите, то при решении поставленной проблемы необходимо рассматривать влияние отмеченных ротационных процессов на развитие выделенного склона. Замедление вращения планеты приводит в определенное время к замедлению и ослаблению ТЗВ. При этом возрастает роль взаимодействия двух про-

тивоборствующих его активных притоков, что не способствует сохранению относительной устойчивости планеты и безопасному развитию склонов. Необходимо учитывать, что, согласно [16], атлантический приток всегда активнее тихоокеанского по латерали, но по вертикали последний сильнее, так как в нем задействован самый глубокий МБД на земной поверхности в Марианской впадине.

### Результаты исследования и их обсуждение

20 апреля 2010 г. в 22 ч по местному времени произошел взрыв на нефтедобывающей платформе Deerwater Horizon, расположенной в 80 км от побережья штата Луизиана (США) в Мексиканском заливе, в условиях замедления вращения Земли [14; 15; 21]. На рис. 1 показан склон, в пределах которого функционировала эта аварийная нефтедобывающая платформа. Границами склона являются управляющий транзитный тальвег (синяя линия) и пределы действия (красная линия) приточной системы в зону данного тальвега. Управляющий транзитный тальвег является продолжением подобного, в котором развивается река Миссисипи. На рис. 1 отмечен узел 1 транзитных тальвегов относительно крупного ранга, функционирующих на дне Мексиканского залива. Согласно [17], отмеченный подводный склон сильно эродирован в субмеридиональном направлении. Он имеет две координаты наклона, одна из них (синяя стрелка) управляющая, от которой зависит интенсивность проявления денудационных процессов. Вторая (красная стрелка) – выражена слабо. Фиксируется очень большой уклон управляющего тальвега, намного превышающий подобный показатель самого склона.

Исследуемый склон (рис. 1) расчленен по факту [17] таким образом, что приточная система в зону управляющего транзитного тальвега выражена слабо, при этом также фиксируются достаточно протяженные участки притоков, параллельные зоне управляющего транзитного тальвега (синяя линия). Такой характер расчленения может быть реализован при растяжении склона в субширотном простирании. Если бы рассматриваемый склон развивался в условиях растяжения в субмеридиональном простирании, то приточная система была бы ориентирована преимущественно ортогонально сильно расчлененной зоне управляющего транзитного тальвега.

Склоновые процессы усиливаются или ослабевают в зависимости от режима вращения Земли и особенностей движения ее по орбите. Кроме того, характеристики сопряженных склонов на различных горизонтах могут сильно отличаться и по-разному действовать на соседние участки природно-техногенного объекта, что способствует его деформациям и созданию аварийной ситуации.

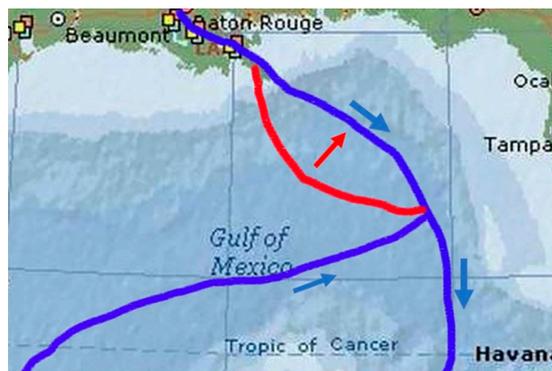


Рис. 1. Подводный склон в Мексиканском заливе (оконтуренный синей (транзитный тальвег) и красной (предел действия склона) линиями, с двумя ортогональными координатами наклона, показанными синей и красной стрелками), где 20 апреля 2010 г. произошла авария  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования с использованием источников [14; 15; 17]

Согласно [13], геодинамическую нестабильность могут вызвать пульсации, многократные колебания объема Земли, которые, в свою очередь, являются причинами периодического возрастания деформаций сжатия и растяжения самой земной коры и отдельных подвижных ее зон.

Непрерывное вращение Земли вокруг своей наклоненной к плоскости эклиптики оси влияет на развитие господствующего процесса усиления уплотнения вещества к центру Земли. Моделирование показывает, что при таком вращении Земли всякий склон попадает в кардинально разные условия развития через каждые 12 ч (растяжения или сжатия зон транзитных тальвегов субмеридионального простирания).

Рассматриваемая авария случилась при первом режиме ротации Земли, когда усиливался тихоокеанский приток ТЗВ. При таком режиме отмеченный на рис. 1 склон развивается с 12 ч дня до 12 ч ночи в условиях растяжения, раскрытия зон транзитных тальвегов субмеридионального простирания, что

не способствовало устойчивости расположенной на данном склоне нефтедобывающей платформы. Было бы целесообразно рассмотреть в будущем и динамику сопряженных наклонных участков на разных глубоких горизонтах, задействованных при обустройстве данного техногенного объекта.

По факту [16] нестабильным зонам транзитных тальвегов, структурированным воронками и имеющим четкие пределы своего действия, свойственны экстремальные значения погружения.

Для получения дополнительных знаний об орбитальном пути Земли была проведена систематизация экстремальных изменений скорости вращения Земли, отраженных в [21]. Ускорение и замедление вращения Земли в [21] рассматриваются относительно общепринятой продолжительности суток. К сожалению, пока нет информации об изменениях скорости вращения Земли в течение суток, чтобы проследить более детально взаимосвязи двух противоположных режимов ее вращения вокруг своей оси.

При систематизации отмеченных выше данных в рамках проведенных исследований впервые учитывались темп и ранг противо-

положных процессов ускорения и замедления. В результате в разные годы достаточно четко были выделены периоды продолжительностью 11–17 суток, включающие два максимума и один минимум замедления на фоне общего замедления (табл. 1) или два минимума и один максимум ускорения на фоне общего ускорения (табл. 2, № 6). Фиксируются также переходные периоды, когда внутри них происходит смена противоположных процессов, замедление сменяется ускорением, и наоборот. Такие периоды обязательно включают относительный максимум ускорения (табл. 2, № 1–5).

Следует отметить, что каждый выделенный период показывает не только временной интервал, но и соответствующий ему отрезок (депрессию) пройденного орбитального пути. Известно, что за сутки Земля проходит по орбите почти 2,6 млн км.

Такие внешние по отношению к Земле пространственно-временные структуры – депрессии по положению могут быть прямыми (по ходу движения) и обратными (барьеры). Это показывает разность экстремальных граничных значений изменения вращения планеты.

**Таблица 1**

Периоды изменения темпа замедления вращения Земли, в том числе включающие даты аварий на нефтедобывающей платформе в Мексиканском заливе (20 апреля 2010 г.), на АЭС в Чернобыле (26 апреля 1986 г.) и Фукусиме (11 марта 2011 г.)

№ п/п	Продолжительность периода изменений темпа замедления вращения Земли при движении по орбите (включающего относительный минимум замедления), сут.	Моменты с экстремальными показателями изменений скоростей вращения Земли на фоне общего ее замедления			Пространственно-временная структура с учетом ее наклона (прямая или обратная)
		Относительного максимума замедления	Относительного минимума замедления (ОЗН)	Относительного максимума замедления	
1	16	18.04.1985	26.04.1985	03.05.1985	Обратная
2	13	23.04.1986	29.04.1986	05.05.1986	Прямая
3	17	25.04.1987	03.05.1987	11.05.1987	Прямая
4	16	14.04.1988	22.04.1988	29.04.1988	Прямая
5	15	08.04.2009	14.04.2009	22.04.2009	Обратная
6	13	13.04.2010	19.04.2010	25.04.2010	Обратная
7	14	16.04.2011	22.04.2011	29.04.2011	Прямая
8	17	17.04.2012	25.04.2012	03.05.2012	Обратная
9	17	01.03.2010	08.03.2010	17.03.2010	Прямая
10	14	06.03.2011	13.03.2011	19.03.2011	Обратная
11	11	10.03.2012	14.03.2012	20.03.2012	Обратная

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования с использованием источника [21].

В рассматриваемых структурах фиксируются две части одного ранга. В одной из них по ходу движения Земли по орбите, например, на фоне общего замедления темп его уменьшается, а в другой – увеличивается. На фоне общего ускорения выделяются отрезки времени, когда темп ускорения сначала увеличивается, а затем уменьшается. Эти две части разделены переходом, своеобразной орбитальной зоной напряжений (ОЗН), где реализуется прямой контакт противоположных процессов уменьшения и увеличения замедления (или, соответственно, увеличения и уменьшения ускорения). В такой зоне фиксируется или минимум замедления, или максимум ускорения вращения Земли.

По своей сути ОЗН является геодинамическим стресс-фактором, сила его напрямую зависит от разности количественных параметров усиления ускорения в ОЗН и последующего увеличения замедления, а также от ранга депрессии на орбите. Эта проблема требует дополнительных изысканий.

Выделенные с учетом [21] периоды прохождения Землей соответствующих депрессий на своем пути доказывают, что орбита планеты не является ровной. Она и не замкнутая, а представляет собой взаимосвязанные спиральные витки, которые могут изменяться (продолжительность года уменьшается или увеличивается в определенных пределах).

Определены границы (относительные максимумы замедления) орбитальных депрессий в 2009–2012 гг., включающих 20 апреля, в том числе дату аварии на нефте-

добывающей платформе в Мексиканском заливе (табл. 1, № 5–8).

Обращает на себя внимание то, что внутри выделенных периодов подобные более низкого ранга не просматриваются. Поэтому можно на начальном этапе исследований считать их первичными, способными к закономерному изменению во времени и в пространстве. Продолжительность данных периодов с 20 апреля изменяется от 15 (2009 г.), 13 (2010 г.), 14 (2011), до 17 (2012 г.) суток (табл.1, № 5–8).

В такой системе периодов авария в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 г. произошла сразу после прохождения Землей ОЗН 19 апреля 2010 г. (табл. 1, № 6). И после ОЗН наблюдалось резкое увеличение замедления вращения.

Кроме того, после этой аварии в следующем 2011 г. зафиксированы смещение ОЗН на 3 дня и изменение направления наклона воронки (табл. 1, № 6, 7). Такое изменение наклона депрессии может свидетельствовать о смещении границ подобной структуры более крупного ранга, что требует дополнительных исследований.

Выявлены смещения границ данных периодов на протяжении нескольких лет (2010–2012 гг.). По всей вероятности, эти смещения границ связаны также и со сбоями в их системе, произошедшим 13 марта 2010 г. (в период с 1 по 17 марта 2010 г. после ОЗН). Данный характерный сбой мог произойти из-за перехода орбиты на более высокий спиральный виток. В следующем 2011 г. 13 марта была зафиксирована ОЗН и изменился наклон депрессии (табл. 1, № 9, 10).

**Таблица 2**

Периоды изменения темпа вращения Земли по орбите, каждый из которых обязательно включает относительный максимум ускорения

№ п/п	Продолжительность периода изменений темпа вращения Земли при движении по орбите, включающего максимум ускорения, сут.	Моменты с экстремальными относительными показателями изменений скорости вращения Земли			Пространственно-временная структура с учетом ее наклона (прямая или обратная)
		Относительный минимум вращения	Относительный максимум ускорения	Относительный минимум вращения	
1	16	12.09.2022	20.09.2022	27.09.2022	Прямая
2	15	19.08.2023	26.08.2023	02.09.2023	Обратная
3	16	02.09.2023	09.09.2023	17.09.2023	Прямая
4	14	17.09.2023	23.09.2023	30.09.2023	Обратная
5	17	21.09.2025	30.09.2025	06.10.2025	Обратная
6	15	02.07.2025	10.07.2025	16.07.2025	Обратная

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования с использованием источника [21].

Необходимо отметить, что, согласно [21], при режиме замедления вращения Земли зафиксированы также широко известные аварии на АЭС в Фукусиме 11 марта 2011 г. в 14 ч 46 мин (при активизации атлантического притока ТЗВ) и на АЭС в Чернобыле 26 апреля 1986 г. в 01 ч 23 мин по местному времени (при усилении тихоокеанского притока ТЗВ). Были выявлены периоды (пространственно-временные орбитальные структуры) с датами этих аварий (табл. 1, № 9–11 и 1–4 соответственно).

Авария на Чернобыльской АЭС произошла на 3 дня раньше ОЗН в этом периоде (29 апреля). Дата аварии соответствует моменту ОЗН в предыдущем 1985 г. (табл. 1, № 1, 2). В связи с этим представляется логичным, что орбита, по которой движется Земля, не абстрактная и не стихийная, а изначально функционирующая как своеобразная «колея» по всем спиральным предыдущим виткам.

Авария на АЭС в Фукусиме была зафиксирована за 2 дня до ОЗН в соответствующий период 2011 г. и через 3 дня после ОЗН в предыдущем 2010 г. (табл. 1, № 10, 9).

С использованием систем транзитных тальвегов и методических приемов, отмеченных в [19; 20], можно выявить склоны

с двумя координатами уклона, на которых функционировали АЭС в Чернобыле и в Фукусиме. С учетом режимов ротации Земли вокруг своей оси в даты аварий данные склоны также развивались в неблагоприятном режиме растяжения в субширотном простирании. Этот неблагоприятный режим усилился в моменты прохождения Землей соответствующих ОЗН.

Исследования показали, что подобный период продолжительностью 11 суток (табл. 1, № 11) является пока экстремально коротким (1 из 30). Кроме того, границы выявленных смежных периодов делят сутки на две части (одна относится к одному периоду, а другая – к смежному). Это подтверждает необходимость измерения скорости вращения Земли дважды в течение суток с учетом режимов ее ротации вокруг своей оси.

На рис. 2 показаны изменения замедления вращения Земли 11 марта, 20 апреля, 26 апреля в 1985, 1986, 2010, 2011 гг. В отмеченные дни в разные годы просматривается различная тенденция изменения замедления: 11 марта и 20 апреля – оно уменьшается, 26 апреля – сначала увеличивается до 2010 г., затем уменьшается.

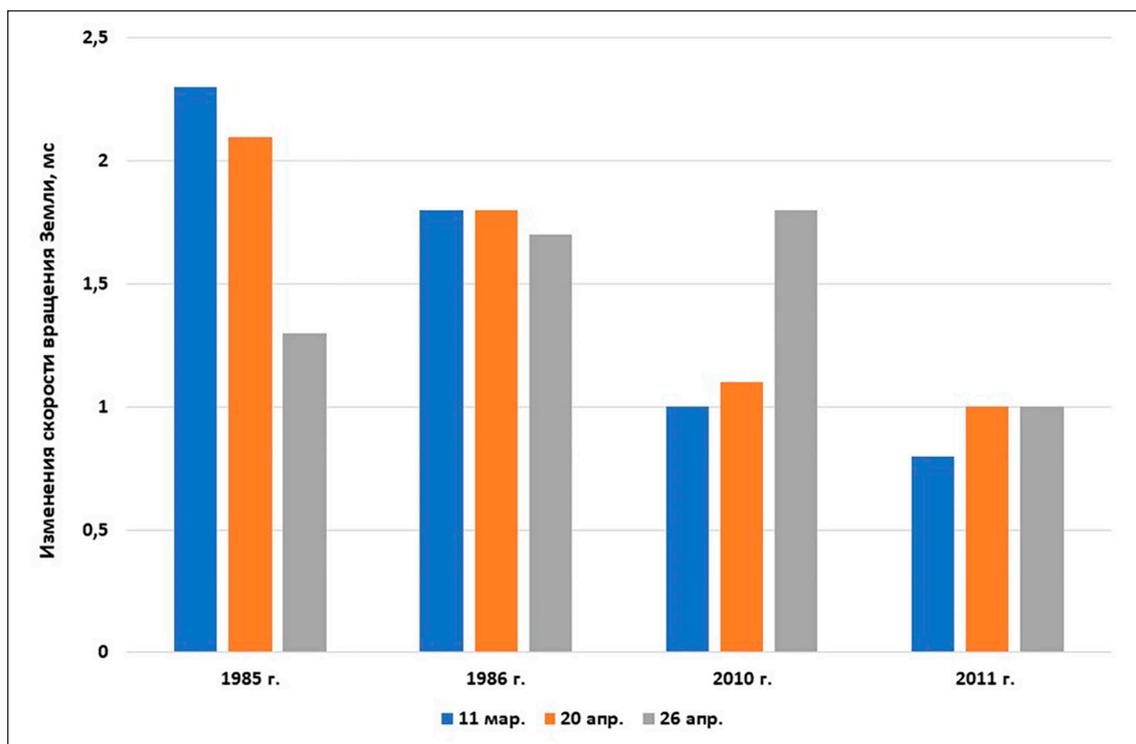


Рис. 2. Изменения замедления вращения Земли 11 марта, 20 апреля, 26 апреля в 1985, 1986, 2010, 2011 гг.  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования с использованием источника [21]

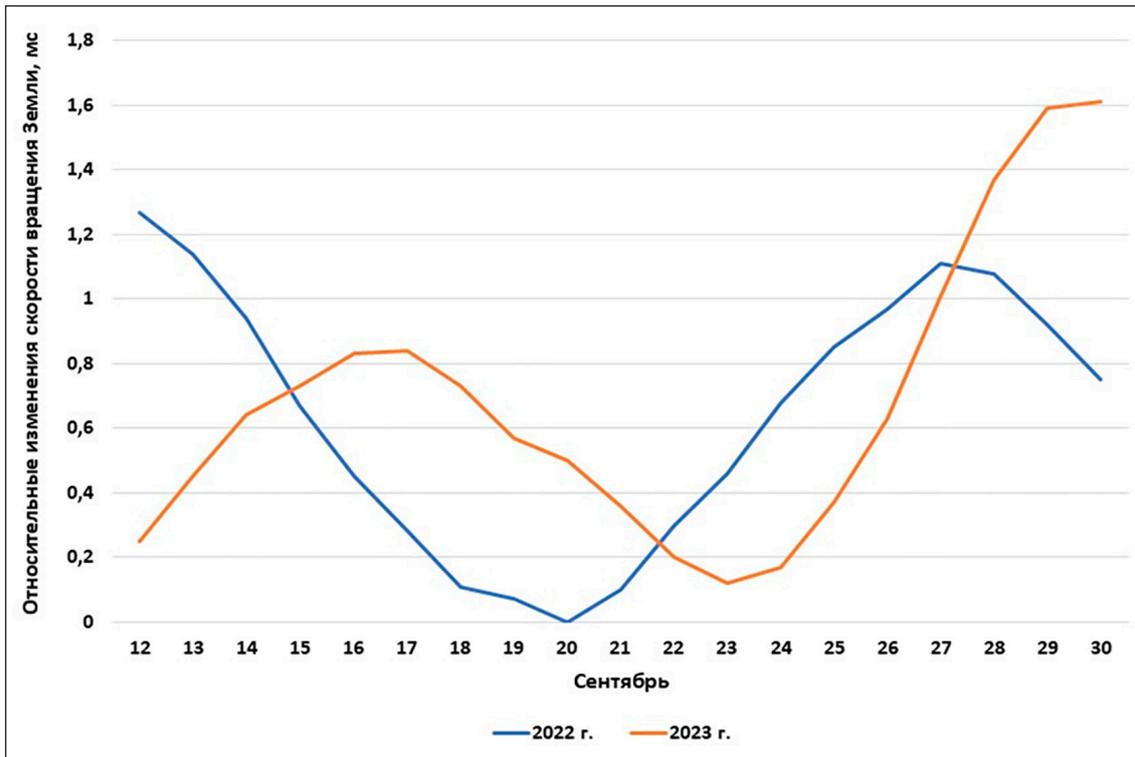


Рис. 3. Относительные изменения скорости вращения Земли с 12 по 30 сентября в 2022 и 2023 гг.  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования с использованием источника [21]

Поэтому при выявлении общих закономерностей замедления или ускорения вращения Земли необходимо учитывать данные по периодам (табл. 1, 2) с экстремальными значениями этих противоположных процессов, в том числе и ОЗН.

С учетом [21] необычные сотрясения (дрожь Земли при ускорении ее вращения), зафиксированные 16–24 сентября 2023 г., также связаны с ОЗН и изменениями неровностей орбитальных витков в 2023 и 2022 гг. (табл. 2, № 1, 3, 4). А гигантский оползень в Гренландии (разрушение соответствующего склона) и мощное цунами [22] являются лишь следствиями данных сотрясений планеты и действия определенного режима вращения Земли.

На рис. 3 показаны выявленные с использованием [21] два периода изменения скорости вращения Земли с 12 по 27 сентября 2022 г. (синяя линия) и с 17 по 30 сентября 2023 г. (красная линия) относительно нуля – наиболее глубокой ОЗН 20 сентября 2022 г. (табл. 2, № 1, 3, 4). Во второй период на фоне ускорения вращения Земли зафиксирована ее дрожь с 16 по 24 сентября 2023 г.

Как видно из рис. 3, в целом депрессия 2022 г. была относительно более глубокой, чем подобная ей 2023 г. Наклон отмеченных депрессий изменился. С 15 по 22 сентября 2023 г. скорости вращения Земли существенно меньше тех, которые были зафиксированы в эти даты в предыдущем 2022 г.

Примечательно, что именно 16 сентября 2023 г. в первый раз были зарегистрированы дрожь Земли и резкое расхождение скоростей вращения в отмеченные годы. Скорости вращения 15 сентября 2023 г. и 15 сентября 2022 г. близки по величине. ОЗН (с максимумами ускорения) зафиксированы 20 сентября 2022 г. (главный) и 23 сентября 2023 г. С 22 сентября 2023 г. ситуация изменилась на обратную: депрессия 2023 г. на орбите стала глубже подобной 2022 г. Дрожь Земли закончилась 24 сентября 2023 г., когда были пройдены ОЗН 2022 и 2023 гг. Таким образом, необходим учет неровностей орбитального пути Земли не только на текущем, но и на предыдущем спиральных витках.

Полученную информацию о закономерных изменениях скорости вращения Земли целесообразно использовать при выявлении

динамики склонов, разработке четких технологических регламентов взаимодействия последних с природно-техногенными объектами (будущими или уже существующими).

### Заключение

Новые интегрированные данные о динамике склонов и о ротации Земли позволяют выявить современные геодинамические факторы среды, негативно влияющие на природно-техногенные объекты. Как показали исследования, целесообразно принимать во внимание режимы вращения Земли в течение суток и периоды изменения скорости ее вращения, отражающие особенности орбитального пути. Из-за действия двух различных режимов дренирования земной поверхности (и глубоких горизонтов) при вращении планеты вокруг своей оси каждый выделенный склон может развиваться в конкретное время суток в неблагоприятных условиях, способствующих усилению его расчленения. Это один из геодинамических стресс-факторов среды, который действует через определенные интервалы времени и который необходимо учитывать в экологически чистых геотехнологиях.

С использованием фактических данных Международной службы вращения Земли и принципов определения транзитных тальвегов были впервые выявлены в разные годы достаточно четкие периоды (пространственно-временные структуры), которые показывают взаимосвязи и изменения противоположных процессов замедления и ускорения вращения планеты, а также моменты их неблагоприятных проявлений в точках переходов – ОЗН (с относительным минимумом замедления или максимумом ускорения). При этом значительное замедление вращения планеты после таких переходов способствовало увеличению расчленения склонов разного ранга и созданию неблагоприятных условий для функционирования конкретных природно-техногенных объектов (нефтедобывающей платформы в Мексиканском заливе и АЭС в Чернобыле и Фукусиме).

Длительность выделенных периодов закономерного изменения скорости вращения Земли составляет от 11 (пока экстремально короткая) до 17 суток. Этот диапазон может быть немного расширен из-за ограниченных (по числу) сбоев в их системе в моменты неблагоприятного перехода спиральной орбиты с одного витка на другой.

Подобные временные периоды прохождения Землей депрессий на орбитальном пути отражают дополнительные стресс-фак-

торы, которые связаны с изменениями темпов замедления или ускорения, а также с ОЗН в предыдущие (до аварий) годы и в целом с накоплением негативных изменений. Такие обстоятельства заставляют более широко и детально исследовать подобные депрессии, функционирующие в пределах орбитального пути Земли, и прогнозировать развитие ОЗН разного ранга. Это большие данные, требующие систематизации и цифровизации всей информации об изменениях скорости вращения Земли по конкретному показанному выше принципу. Полученная в итоге новая информация позволяет выявлять закономерности изменений орбитального пути Земли и возможное усиление негативных ситуаций для природно-техногенных объектов, расположенных на земной поверхности на конкретных склонах (с двумя координатами наклона и с элементом естественного управления процессами денудации).

Проведенные исследования также показали, что назрела необходимость экспертизы аварийных нефтяных и газовых скважин (а также и тех, которым требуется частый ремонт) на предмет влияния на них динамики склонов и склоновых процессов на разных глубинах, обусловленных ротационным фактором. При этом требуется анализ всего массива имеющихся фактических данных как промысловых, геологических, так и по изменениям скорости вращения Земли. Такая экспертиза будет способствовать созданию в перспективе уникальных цифровых моделей динамики рельефа склонов с показом наиболее уязвимых их частей к растяжению в определенном простирании и проявлениям агрессивных процессов усиления сноса вещества земной поверхности.

### Список литературы

1. Имаева Л. П., Гусев Г. С., Имаев В. С., Ашурков С. В., Мельникова В. И., Середкина А. И. Геодинамическая активность новейших структур и поля тектонических напряжений северо-востока Азии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 737–768. URL: <https://www.gt-crust.ru/jour/article/view/469/335> (дата обращения: 12.02.2026). DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0315.
2. Жиров Д. В., Климов С. А., Пантелеев А. В., Жирова А. М. Выделение факторов контроля геодинамических опасностей на примере 3D геолого-структурной модели природно-технической системы «Рудник Расвумчоррский – карьер Центральный» (Хибины) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 200–226. EDN: WGBMDF.
3. Бычков С. Г., Долгань А. С., Симанов А. А. Вычисления аномалий силы тяжести при высокоточных гравиметрических съемках. Пермь: Изд-во Горного ин-та УрО РАН, 2015. 142 с. ISBN 978-5-7691-2414-3.
4. Соколова Н. В. Роль узлов транзитных тальвегов в современном развитии Черного моря // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2023. Т. 9. № 1. С. 233–243. EDN: EMEWMM.

5. Соколова Н. В. Районирование территорий с учетом природных структур управления гидро- и литодинамическими потоками // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 9. С. 100–105. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37478> (дата обращения: 04.12.2025). DOI: 10.17513/use.37478.
6. Moretti G., Orlandini S. Thalweg and Ridge Network Extraction from Unaltered Topographic Data as a Basis for Terrain Partitioning // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2023. Vol. 128 (4). DOI: 10.1029/2022JF006943.
7. Young A., Albertson J. D., Moretti D., Orlandini S. Real-Time Flood Inundation Modelling with Flow Resistance Parameter Learning // *Water Resources Research*. 2025. Vol. 61 (1). DOI: 10.1029/2024WR038424.
8. Xiao T., Zhu L., Wang L., Yang B., Wang C., Yao H. An Automated and Efficient Slope Unit Division Method Coupled with Computer Graphics and Hydrological Principles // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15 (9). P. 4647. DOI: 10.3390/app15094647.
9. Ребецкий Ю. Л., Мягков Д. С. Обратные задачи геодинамики и роль ротационных инерционных сил (Ответ на работу А. В. Викулина «Проблема ротационных движений в геологии») // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2016. Вып. 30. № 2. С. 88–95. URL: <http://repo.kscnet.ru/2715/> (дата обращения: 10.02.2026).
10. Ретеев А. Ю. Изменение климата при нестабильном вращении Земли // *Среда обитания*. 2023. № 2. С. 165–169. DOI: 10.53115/19975996\_2023\_02\_165-169.
11. Зотов Л. В., Бизуар К. Почему Земля вращается неравномерно и как это влияет на счет времени // *Природа*. 2021. № 3. С. 26–29. URL: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/436151/Pochemu\\_Zemlya\\_vrashchaetsya\\_neravnomerno\\_i\\_kak\\_eto\\_vliyaet\\_na\\_schet\\_vremeni](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/436151/Pochemu_Zemlya_vrashchaetsya_neravnomerno_i_kak_eto_vliyaet_na_schet_vremeni) (дата обращения: 03.12.2025).
12. Bendick R., Bilham R. Do weak global stresses synchronize earthquakes? // *Geophysical Research Letters*. 2017. Vol. 44. P. 8320–8327. DOI: 10.1002/2017GL074934.
13. Борисов К. И., Горшков Л. К., Софьин А. П., Федорова Л. А. Природно-техногенные катастрофы как проявления геодинамической нестабильности земной коры // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019. Т. 330. № 6. С. 126–133. URL: <https://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/2134/1980> (дата обращения: 03.12.2025). DOI: 10.18799/24131830/2019/6/2134.
14. Стаханова А. Мексиканский разлив. Со времен «американского Чернобыля» прошло 10 лет. Катастрофа может повториться // *Lenta.ru*. 22 апреля 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://lenta.ru/photo/2020/04/22/deepwaterhorizon/> (дата обращения: 03.12.2025).
15. «Залив Америки» скоро появится в Google Maps в США. [Электронный ресурс]. URL: <https://mosregtoday.ru/news/soc/v-google-maps-soobschili-kogda-na-kartah-pojavitsja-zaliv-ameriki/> (дата обращения: 09.12.2025).
16. Атлас мира / Под ред. А. Н. Баранова. М., 1954. 284 с.
17. Caribbean Sea Gulf of Mexico shaded relief bathymetry land map.png [Электронный ресурс]. URL: <https://commons.wikimedia.org> (дата обращения: 21.12.2025).
18. Орлов В. И. Динамическая география. М.: Научный мир, 2006. 594 с. ISBN 5-89176-352-4.
19. Соколова Н. В. Мониторинг геологических процессов высокого ранга с использованием системы транзитных тальвегов // *Пространственные данные: наука и технологии*. 2024. Т. 15. № 2. С. 43–58. URL: [https://miigaik.ru/journal/spatial\\_data/2024/15-2/SD\\_2024\\_15\\_2.pdf](https://miigaik.ru/journal/spatial_data/2024/15-2/SD_2024_15_2.pdf) (дата обращения: 09.12.2025). DOI: 10.30533/scidata-2024-15-10.
20. Соколова Н. В., Макаров О. А., Якушев Н. Л. Многоэтапный мониторинг динамики почв с учетом пределов действия склонов // *Роль почв в биосфере и жизни человека: материалы II Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Г. В. Добровольского и 270-летию Московского университета (Москва, МГУ, 27–30 октября 2025 г.)* / Отв. ред.: С. А. Шоба, Н. О. Ковалева, Е. М. Столпникова. М.: МАКС-Пресс. 2025. С. 52–55. URL: [https://conf.msu.ru/file/event/9837/eid9837\\_attach\\_97e08b56eb0d0f9413a0d9e1d1c54b4c4526ff82.pdf](https://conf.msu.ru/file/event/9837/eid9837_attach_97e08b56eb0d0f9413a0d9e1d1c54b4c4526ff82.pdf) (дата обращения: 15.02.2026). ISBN 978-5-317-07493-7.
21. Graham J., Bikos K., Hocken V. A Day is Not Exactly 24 Hours. [Электронный ресурс]. URL: <https://thesputnikorbit.blogspot.com/2021/07/a-day-is-not-exactly-24-hours.html> (дата обращения: 15.12.2025).
22. Svennevig K., Hicks S.-P., Forbriger T., Lecoco T. et al. A rockslide – generated tsunami in a Greenland fjord rang Earth for 9 days // *Science*. 2024. Vol. 385. Is. 6714. P. 1196–1205. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adm9247> (дата обращения: 15.12.2025). DOI: 10.1126/science.adm9247.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках государственного задания, тема № 125021302095-2.

**Financing:** The work was carried out within the framework of the state assignment, topic No. 125021302095-2.