

Л. А. Пасынкова

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ЧЕРНОГО МОРЯ

Наведено оцінку геодинамічної сталості глибоководних ландшафтів континентального схилу Чорного моря, виконану для кожного з виділених автором раніше ландшафтних районів регіону.

The geodynamic stability of the Black Sea deep-water landscapes of the continental slope are being given estimated on each of chosen landscapes area distinguish by author before in this work.

Под устойчивостью глубоководных ландшафтов понимается способность сохранять свойственную им структуру и свойства в условиях активного природного и антропогенного воздействия. Динамические изменения периодичны и связаны преимущественно с глобальными процессами: эпохами регрессий и трансгрессий, а также периодически повторяющимися землетрясениями. Циклические изменения зависят от эвстатических колебаний уровня моря, циклонической и апвеллинговой циркуляции морских вод, биогеохимических и гидрохимических процессов, определяющих общий круговорот вещества в геосистемах. Доминирующими во временном диапазоне являются ритмические изменения, вызывающие повторение качественных состояний геосистем континентального склона через разные промежутки времени.

Устойчивость ландшафтов континентального склона определяется геоструктурными особенностями региона, геотектоническими свойствами литогенной основы, взаимодействующей с гидросферным окружением и донной биотой. Ведущая роль в природном воздействии на компоненты ландшафта принадлежит эндо- и экзогеодинамическим процессам, так как именно с ними связано изменение рельефа морского дна, условий осадконакопления и существования биогенной составляющей, геохимическое и диагенетическое преобразования осадков. Нарушения геодинамической устойчивости ландшафтов могут быть постепенными или катастрофическими. Полное нарушение устойчивости, возникающее как при локальных перестройках структуры ландшафтов, так и при стихийных бедствиях – катастрофах, связано прежде всего с гравитационным перемещением масс донных осадков.

Учитывая изложенное, ниже предлагается оценка устойчивости ландшафтов континентального склона по выделенным ранее районам [3, 4].

### *Устойчивость ландшафтов Западно-Черноморской ландшафтной области погребенных палеодельт*

Основными источниками деструктивных явлений и процессов являются гравитационные процессы, нарушение режима перемещения материала по долинно-каньонным системам, проявления аномального газовыделения и грязевого вулканизма, возможные проявления сейсмической активности с максимальными магнитудами до 7 баллов. Процессы перемещения материала по долинно-каньонной сети характеризуются параметрами [5], которые приведены в таблице.

Для района эрозионно-аккумулятивных полого наклонных ландшафтов палеодолин Дунай-Днестровского междуречья, где углы наклона склона не превышают 2–3°, потенциально возможными источниками нарушения устойчивости ландшафтов являются мутьевые потоки и криповые перемещения пластичных масс осадков. С учетом того, что эти факторы морфогенеза имеют постоянно действующий и не изменяющийся в течение современного времени характер, можно прогнозировать относительно устойчивое развитие ландшафтов этого района.

По степени пораженности подводно-эрозионными процессами район относится к “средней” категории, а состояние устойчивости ландшафтов оценивается как “умеренное”. Процессы перемещения материала мутьевых потоков по долинно-каньонной сети охватывают площадь около 500 км<sup>2</sup>. Морфометрические характеристики рельефа следующие: количество каньонов – 17; углы наклона поверхности – 2–3°; средняя протяженность каньонов по склону – 20 км, средняя ширина – 1,3 км; средняя мощность голоценовых отложений, заполняющих каньонные системы, – 3 м; объем потенциально готовых к перемещению и частично перемещаемых донных осадков – около 1,3 км<sup>3</sup>. Показатель деформационных свойств (сопротивление сдвигу) донных осадков, относящихся к теку-

© Л. А. Пасынкова, 2003

## Параметры гравитационных процессов Западно-Черноморской ландшафтной области

Вид движения	Характер склонов	Скорость процесса	Объем пород, м <sup>3</sup>
Ползучесть (крип)	Пологие склоны	2–110 мм/год	$n \cdot (10-10^{10})$
Мутьевые потоки	Склоны всех типов	0,1–1000 м/ч	$n \cdot (10-10^6)$
Оползни блоковые	Склоны 6–40°	0,001–100 км/ч	$n \cdot (10^3-10^7)$

чим и текучепластичным грунтам, составляет от 0,00 до 0,02 кГ/см<sup>2</sup>.

На площади района выделено более 140 газовых факелов, охватывающих территорию перегиба склона и его среднюю часть до отметок 400 м. Координаты полей, в пределах которых можно ожидать резко пониженное значение коэффициента устойчивости поверхности склона, следующие: 44°36'–44°55' с. ш.; 31°00'–32°30' в. д. [8]. Общая площадь аномального газовыделения простирается на 60 км при ширине 25 км, занимая 1500 км<sup>2</sup> поверхности склона. Устойчивость донных осадков в местах активного газовыделения определяется своеобразным гидродинамическим эффектом восходящих потоков газовой-водной смеси из глубинных горизонтов. Гидродинамический эффект проявляется в давлении на массы грунта, которое вызывается фильтрующей через него водой и газами и оказывает на осадки взвешивающее воздействие. В таких условиях происходит резкое понижение сопротивляемости донных осадков, расчетное сопротивление которых изменяется от 0 до менее 0,01 МПа. По степени благоприятности условий размещения техногенных объектов район характеризуется "особо неблагоприятными" и "неблагоприятными условиями". Предельно допустимые значения удельной нагрузки на грунты – менее 0,1 МПа.

*Ландшафты района аккумулятивно-эрозионных ландшафтов каньона палео-Каланчак.* Основными видами воздействий на устойчивость ландшафтов являются процессы подводной эрозии, возникающие при перемещении мутьевых потоков, и гравитационные процессы. Особые нагрузки на геологическую среду испытывают участки проявления газогидратов и аномальных газовыделений.

По степени подводно-эрозионной пораженности поверхности склона район можно отнести к "сильной" категории интенсивности проявления подводно-эрозионных процессов, а состояние устойчивости ландшафтов оценивается как "неблагоприятное". Относительная оценка степени оползневого поражения склона может быть сопоставима с криповыми перемещениями склоновой поверхности в участках развития долинно-каньонных систем, которые составляют

более 50% общей площади района. По степени пораженности оползневыми процессами выделенный район относится к "сильной" категории интенсивности проявления процессов. Состояние устойчивости ландшафтной среды оценивается как "неблагоприятное".

Процессы перемещения материала мутьевыми потоками по долинно-каньонной сети наиболее характерны для ландшафтов этого района. Показатели деформационных свойств отложений: сопротивление сдвигу соответствует текучим и текучепластичным грунтам, а коэффициент деформации варьирует от 0 до 0,02 кГ/см<sup>2</sup>.

На участках развития аномального газовыделения и проявления грязевого вулканизма факторы загазованности и "разжижения" илистых осадков покровных горизонтов способствуют формированию своеобразных ландшафтов в этих районах.

*Устойчивость ландшафтов Крымской ландшафтной области южного продолжения орогенных структур Горного Крыма*

Значительная дифференциация геоструктурных, геоморфологических, сейсмогеологических, инженерно-геологических и других особенностей континентального склона этой области проявилась и в оценке устойчивости его ландшафтов.

Устойчивость ландшафтов района бронированных крутосклонных ландшафтов Ломоносовского подводного палеовулканического массива определяется их приуроченностью к конкретным ландшафтными зонам. Общая категория пораженности поверхности склона подводно-эрозионными процессами оценивается как "сильная", а общая оценка состояния ландшафтной среды – как "неблагоприятная".

Устойчивость ландшафтов верхней части склона практически сопоставима с районом Дунай-Днестровского междуречья, что позволяет отнести эту зону к территориям "средней" категории по интенсивности проявления процессов, а состояние устойчивости оценивается как "умеренное".

Устойчивость ландшафтов, связанных с поверхностями, развитыми на коренных породах в

средней и нижней частях склона, определяется несколькими факторами. Процессы морфогенеза сопровождаются здесь интенсивным проявлением новейших тектонических процессов и сейсмической активностью района. Для гравитационных процессов этой зоны наиболее характерны блоковые оползни и обвалы на склонах крутизной 6–40°, 50° и более. При таких процессах объемы перемещающихся пород могут достигать значений от  $n \cdot (10-10^6)$  до  $n \cdot (10^3-10^7)$  м<sup>3</sup>. Наиболее вероятными объектами смещений являются массы рыхлых осадков, постепенно накапливающиеся на участках неравновесного профиля склона (выступы, карнизы, гряды и т. д.). Расчеты устойчивости грунтов склоновых поверхностей необходимо выполнять дифференцированно, с учетом параметров каждого отдельного оползневого блока. Высокая вероятность проявления сейсмической активности с вероятными максимальными магнитудами землетрясений 8 баллов и развитие крутых склонов дают основания отнести эту зону к территориям с “сильной” категорией интенсивности проявления обвальных явлений и “неблагоприятной” оценкой состояния ландшафтной сферы.

Ландшафты долинно-каньонных систем, развитых на осадочных четвертичных отложениях, характеризуются различными скоростями перемещения осадков из-за неравномерной крутизны склоновых поверхностей. В верхних участках каньонов происходит медленное стекание осадков, а нижележащие уровни вовлечены в движение потоков качения или скольжения. На выступах с углами наклона поверхности свыше 25–30° происходит отрыв и постепенное сползание крупных накопившихся к моменту отрыва осадочных массивов со скоростями от 11 до 20 м/с. Сопrotивляемость сдвигу текучепластичных и текучих осадков, заполняющих долинно-каньонные системы, составляет 0,05–0,1 для глинистых разностей и 0,02 – для песчаных. Площадь развития мутьевых потоков составляет ориентировочно 366 км<sup>2</sup>, а расчетный объем осадков, потенциально перемещающихся по каньонным системам, может достигать 0,95–1 км<sup>3</sup>.

Ландшафты *района гравитационно-тектонических крутосклонных ландшафтов Фороского выступа* входят в состав трех субширотно ориентированных ландшафтных зон. Степень подводного эрозионного расчленения – “очень сильная”. Вместе с тем для оценки общей устойчивости необходимо учитывать сейсмическую обстановку (приуроченность к Севастопольскому сейсмоактивному району), литологический

состав донных осадков и структуру рельефа в каждой из выделенных ландшафтных зон.

Верхнюю часть склона составляют слабыхолмистые ландшафты, которым не свойственны процессы оползневых и криповых перемещений. Поэтому, согласно интегральной оценке, состояние устойчивости по интенсивности гравитационных процессов здесь может быть оценено как “умеренное”.

На ландшафтах, развитых на коренных отложениях с углами наклона поверхности 5,5–7,5° при ширине 4–5 км, установлено сочетание постоянно взаимодействующих аккумулятивных и эрозионных процессов, практически не влияющих на эволюционный характер развития ландшафтов склона. В соответствии с этим состояние их устойчивости в совокупности с высокими прочностными свойствами коренных пород также можно определить как “умеренное”.

Наиболее круто наклонная поверхность континентального склона с углами наклона от 7,5 до 21,5° представлена ландшафтами, развитыми на разнообразных морских илах и коренных осадочно-вулканогенных породах. Для этой зоны устойчивость определяется потенциально повышенной интенсивностью расчленения рельефа, проявлением блоково-оползневых и обвальных процессов из-за высоких градиентов углов наклона поверхности склона. Состояние среды этой ландшафтной зоны оценивается как “весьма неблагоприятное”.

Подводные осадки ландшафтов подножья склона, ограниченные глубоководным желобом, испытывают медленные криповые перемещения как от верхних участков склона к его подножью, так и по направлению “стока” подводной долины с запада на восток. При определении показателей их устойчивости необходимо учитывать также процессы перемещения материала по долинно-каньонным системам под воздействием донных течений. Для этих процессов характерны следующие параметры: скорость процесса от 2 – 110 мм/год (криповые перемещения) и 0,1 – 1000 м/ч (мутьевые потоки); объемы пород, вовлеченные в перемещения, –  $n \cdot (10-10^{10})$  м<sup>3</sup> (крип) и  $n \cdot (10 \text{ до } 10^6)$  м<sup>3</sup> (мутьевые потоки). Устойчивость этой ландшафтной зоны находится в эволюционном состоянии (если не учитывать фактор сейсмичности). Балльность сейсмических событий здесь может достигать 8 баллов с периодичностью в 20, 50 и 100 лет, что вызывает на поверхности эффект силой в 8–9 баллов, т. е. превышающий пороговую для функционирования ландшафтов сейсмическую активность.

Таким образом, интегральная оценка устойчивости для всего района не может быть дана однозначно. Без учета сейсмичности его состояние можно оценить, в целом, как "умеренное" для верхних зон континентального склона и как "весьма неблагоприятное" для круто наклонной средней части. В случае проявления сейсмической активности состояние ландшафтов будет характеризоваться как "весьма неблагоприятное" и даже "опасное" для всей поверхности склона этого района.

Ландшафты *района структурно-денудационных и эрозионно-аккумулятивных крутосклонных ландшафтов Южнобережного сектора*. Устойчивость ландшафтов определяется их приуроченностью к определенным морфоструктурам и морфоскульптурам, развитием долинно-каньонных систем. Высокий показатель интенсивности подводной эрозии в сочетании с высокой вероятностью возникновения подводных оползневых и обвально-оползневых явлений позволяет отнести зоны развития подводных долинно-каньонных систем этого района к "весьма сильной" категории интенсивности проявления экзогенных процессов, а интегральная оценка состояния ландшафтной среды определяется как "опасная".

К верхней прибрежной части склона, осложненной крутосклонными тектоническими уступами и грядами, приурочены ландшафты, развитые на глубинах от 90 до 470–490 м. Поверхность имеет уклоны от 5,5 до 17–30° и отличается развитием активных субширотных сбросов. В таких условиях устойчивость ландшафтов нарушается вследствие образования блоковых оползней и интенсивного перемещения мутьевых потоков в верховьях эрозионных амфитеатров и по тальвегам каньонов. Наиболее подвержены таким процессам зоны резких изменений простираций верхнего уступа континентального склона (Ялтинский и Алуштинский эрозионно-гравитационные мегацирки). Особо внимания заслуживает ландшафтная структура Ялтинского выступа – карниза, находящегося в потенциально неравновесном состоянии. Общая площадь выступа занимает более 65 км<sup>2</sup>, а мощность рыхлых осадков антропогена, которые могут быть вовлечены в обрушение, достигает в нижней части склона 400 м. Таким образом, масштабы возможного смещения могут иметь катастрофические последствия, так как объемы нестабильных осадков оцениваются в десятки кубических километров [4, 6].

Полого наклонные ландшафты зоны спо-

койной аккумуляции алевроито-пелитовых осадков, развитые в интервале глубин от 350 до 600 м, включают в себя также отдельные подводно-грядовые ступени рельефа. Относительно невысокие углы наклона поверхностей способствуют преобладанию процессов аккумуляции; таким образом, устойчивость ландшафтов этой зоны может нарушаться только при явлениях криповых перемещений осадков в условиях нарушения динамического профиля равновесия. Приведенные данные позволяют оценивать интенсивность проявления гравитационных процессов этой зоны как "среднюю", а состояние ландшафтной среды как "умеренное".

Ландшафты на субгоризонтальных или слабонаклонных поверхностях подножья склона расположены в интервалах глубин от 600 до 2000 м. На их устойчивость в значительной мере могут оказывать влияние сейсмоактивные процессы, так как они расположены в области Ялтинско-Алуштинского сейсмогенного участка. Эта зона может быть отнесена к участкам с пороговой для ландшафтов балльностью землетрясений в 7–8 баллов.

Зоны сноса и транзита осадков по подводным долинно-каньонным системам являются наименее устойчивыми для этого района. В верхней части каньонов преобладает медленное "стекание" рыхлых осадков, превращающееся в относительно быстрое смещение отдельных горизонтов на участках с углами наклона 25–30° в виде оползней, оседаний и сползаний. В средней и нижней частях склона преобладают процессы движения суспензионных потоков под воздействием сил гравитации и донных течений. В зонах подножья континентального склона возможно развитие процессов оплывания осадков. Перечисленные факторы свидетельствуют о нестабильном состоянии устойчивости ландшафтов, что позволяет отнести их к участкам с "очень сильной" и "весьма сильной" интенсивностью проявления экзогенных геологических процессов, т. е. с "весьма неблагоприятной" и "опасной" оценкой состояния ландшафтной среды.

Устойчивость ландшафтов *района эрозионных и аккумулятивных полого наклонных ландшафтов Феодосийского сектора* определяется доминирующей ролью экзогеодинамических процессов, создающих современный морфоструктурный и морфоскульптурный облик подводных орогенных систем и подводных аккумулятивных равнин. Коэффициент интенсивности подводно-эрозионного расчленения района поз-

воляет отнести этот район к площадям с “сильной” степенью проявления подводной эрозии, а, учитывая возможность развития подводно-оползневых и денудационных процессов в отдельных зонах, состояние устойчивости отдельных ландшафтов может быть оценено как “неблагоприятное”. В соответствии с выделенными ландшафтными зонами оценка устойчивости ландшафтов может быть следующей.

Устойчивость ландшафтов крутой верхней части западного фланга района здесь определяется потенциальной возможностью проявления блоковых оползней и опусканий, которые происходили в этом районе на рубеже новозвксина. Для этой зоны состояние устойчивости оценивается как “неблагоприятное”. Для восточного фланга, где динамический профиль склона уже восстановлен и в обозримом будущем не будет претерпевать каких-либо кардинальных изменений, состояние ландшафтной среды может быть оценено как “умеренное”.

Ландшафты поверхностей, развитых в средней и нижней зонах склона, в значительно меньшей степени подвержены деструктивным процессам из-за их однообразного литологического состава и выровненного рельефа. Поэтому устойчивость склона связана в основном с углублением или боковой эрозией уже созданных ранее подводных долин и их притоков. Таким образом, состояние ландшафтной среды для этой зоны также сопоставимо с оценкой “умеренное”.

Ландшафты поверхностей днищ и склонов подводных долин и каньонов не имеют здесь резко выраженных граней и уступов рельефа, что свидетельствует об отсутствии активных неотектонических и современных движений, которые могут оказывать существенное влияние на устойчивость. Состояние устойчивости ландшафтов этой зоны можно оценить как “умеренное” в “водораздельных” участках, примыкающих к долинно-каньонным системам, и только в самих долинах – как “неблагоприятное”.

#### *Устойчивость ландшафтов Керченско-Таманской ландшафтной области погребенных палеодельт*

Ландшафты Керченско-Таманской области древних аллювиально-пролювиальных погребенных отложений палеодельт сформировались и продолжают формироваться в виде единого слившегося комплекса пролювиальных шлейфов и конусов выноса. Устойчивость ландшафтов этой области практически полностью определяется масштабами медленных криповых и

оползневых перемещений как площадного, так и линейного характера и объемами материала, сносимого в виде твердого стока по подводным долинно-каньонным системам к подножью континентального склона. По оценкам Е. Ф. Шнюкова [1], скорость осадконакопления в Керченском проливе составляет 5,9 мм/год, что значительно превышает темпы аккумуляции на шельфе южнобережной зоны Крыма (0,4–0,6 мм/год). В общем балансе вещества, сносимого на поверхность континентального склона, участвуют продукты разрушения берегов пролива, терригенный аллювиальный материал палеорек Северного Приазовья, а также отмершие продукты жизнедеятельности лиманно-морских организмов. Безусловно, скорости седиментогенеза в области континентального склона и глубоководной впадины отличаются от таковых в зоне Керченского пролива; тем не менее, согласно данным работы [1], темпы осадконакопления позднечетвертичных отложений (в периоды регрессий Черного моря) могли достигать здесь значений 1,5–2 мм/год. Общая мощность антропогенных дельтовых накоплений древних конусов выноса палеорек Керченско-Таманского сектора континентального склона составляет 2,5 км.

Интенсивность проявления процессов подводной эрозии может быть оценена как “весьма сильная”, а в сочетании с проявлениями оползневых и криповых процессов состояние ландшафтной среды представляется как “опасное”. Эти показатели обусловлены также и “некомпетентностью” мягкопластичных и текучепластичных пород, слагающих континентальный склон. Для ландшафтов, где углы наклона склона относительно невысокие, скорости криповых перемещений, как источников нарушения его устойчивости, могут достигать 2–110 мм/год, а объемы перемещающихся пород –  $n \cdot (10-10^{10}) \text{ м}^3$ . Ориентировочные нормативные показатели сопротивления сдвигу – основного показателя консистенции донных осадков – составляют 0,02 – 0,049, 0,098 кГ/см<sup>2</sup>. Дополнительным фактором, обуславливающим нестабильность донных осадков и их низкую сопротивляемость сдвигу, служит непрерывность движения подводных суспензионных потоков, поступающих из акватории Керченского пролива. Процессы перемещения мутьевых потоков приводят к накоплению значительных по масштабам слившихся конусов выноса материалов твердого стока.

Потенциальным источником нарушения устойчивости ландшафтов является сейсмичность территории. В акватории Керченского

пролива существовали исторические землетрясения с магнитудой в 9 баллов [1]. Это следует учитывать при общей оценке устойчивости ландшафтов.

На основании приведенных материалов общую оценку устойчивости ландшафтов Керченско-Таманской ландшафтной области следует признать как "весьма неблагоприятную", а на участках развития долинно-каньонной сети, особенно в районе Кубанского палеоканьона – как "опасную", что не позволяет рекомендовать размещение здесь ответственных народнохозяйственных объектов.

1. *Геология шельфа УССР. Керченский пролив* / Гл. ред. Е. Ф. Шнюков. – Киев: Наук. думка, 1981. – 158 с.
2. *Пасынкова Л. А.* Общие критерии геодинамической устойчивости ландшафтных геосистем континентального склона Черного моря // *Культура народов Причерноморья*. – 1999. – Вып. 11. – С. 7–12.
3. *Пасынкова Л. А.* Принципы морфоструктурного районирования континентального склона Украин-

ского сектора Черного моря и основные таксоны районирования // *Международ. конф. "Геология и полезные ископаемые Черного моря"* (Киев, 25–27 нояб. 1999 г.). – Киев, 1999. – С. 262–267.

4. *Пасынкова Л. А., Сиденко О. Г.* Некоторые особенности проявления новейших тектонических процессов на Крымском континентальном склоне Черного моря // *Материалы Международ. регион. конф. "Пробл. экологии и рекреации Азово-Черноморского бассейна"*. – Симферополь, 1994. – С. 146–149.
5. *Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР* / Под ред. А. И. Шеко. – М.: Недра, 1976. – 184 с.
6. *Шейдеггер А. Е.* Физические аспекты природных катастроф: Пер. с англ. – М.: Недра. 1981. – 232 с.
7. *Шепард Ф., Дилл Р.* Подводные морские каньоны: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 343 с.
8. *Шнюков Е. Ф., Пасынков А. А., Клещенко С. А. и др.* Газовые факелы Черного моря. – Киев, 1999. – 133 с.

Тавр. нац. ун-т им. В. И. Вернадского,  
Симферополь

Статья поступила  
22.10.02