

## ИНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГИЯ ТА ГІДРОГЕОЛОГИЯ

УДК 624.131

**Т. В. Козлова<sup>1</sup>**, канд. геол.-мин. наук, доцент

**Е. А. Черкез<sup>1</sup>**, доктор геол.-мин. наук, профессор

**М. Г. Ботнар<sup>1</sup>**, студ. магистратуры

**Е. И. Газетов<sup>2</sup>**, науч. сотрудник

**С. М. Снигирев<sup>2</sup>**, канд. биол. наук, старший науч. сотрудник

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,

<sup>1</sup>кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,

<sup>2</sup>региональный межведомственный центр интегрированного мониторинга и экологических исследований,

Шампанский пер, 2, Одесса, 65058, Украина

ktv\_onu@yahoo.com

### МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АБРАЗИОННО-ОПОЛЗНЕВОГО БЕНЧА ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

В статье представлены результаты морфометрического анализа рельефа морского дна Чёрного моря в пределах территории гидробиологической станции Одесского национального университета им. И. И. Мечникова. На основании анализа батиметрических съемок 2016, 2009 и 2006 г. на подводной абразионной террасе, примыкающей к оползневому склону, выявлены оползневые гряды, сложенные известняком и отпрепарированные в ходе абразионной переработки. Эти гряды прослеживаются до глубин моря 10-12 м и на расстоянии 400-500 м от береговой линии, что дает возможность реконструировать характер древних оползневых смещений за последние несколько сотен лет. Морфометрический анализ рельефа подводного склона по материалам батиметрических съемок позволил подтвердить структурную обусловленность ориентировки векторов прошлых оползневых смещений и величины «шага оползания». Результаты исследования могут быть использованы для выработки оптимальных инженерных решений, связанных с проблемой эколого-геологической защиты оползневой территории и принятия проектных решений по застройке береговой зоны.

**Ключевые слова:** абразионно-оползневой бенч, оползни, рельеф морского дна, Черное море, Одесское побережье.

### ВВЕДЕНИЕ

Формирование и развитие оползней одесского побережья обусловлено широким спектром факторов. Разнообразие их типов связано со структурно-геологическим строением склонов, прочностными показателями пород, интенсивностью абразионных и других геологических процессов. В практике реги-

ональных инженерно-геологических исследований наибольший интерес представляют собой фронтальные оползни выдавливания, глубоко деформирующие мезотические породы, с поверхностью смещения, расположенной ниже современного уровня моря на 10-15 м – оползни «одесского типа».

В 1968 г. на Одесском побережье завершено строительство 1-ой очереди противооползневых сооружений на участке Ланжерон-Аркадия (рис. 1).

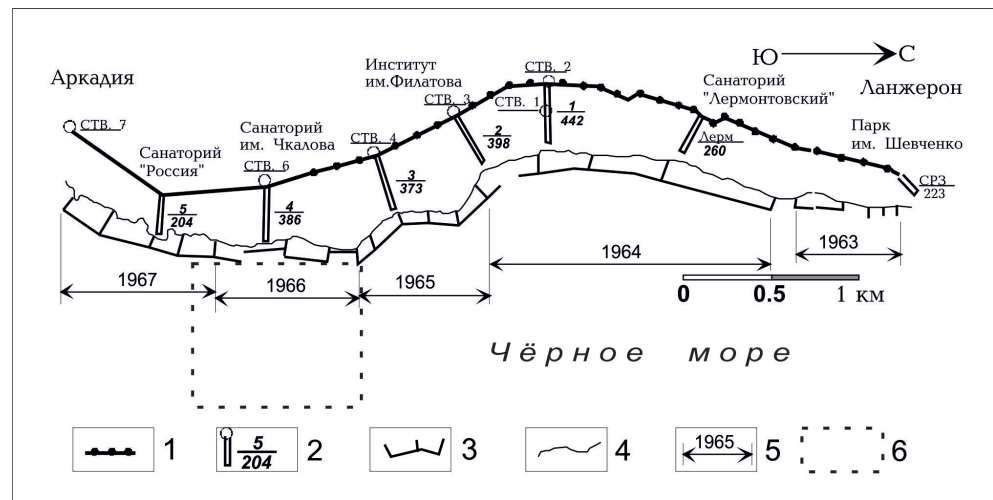


Рис. 1. Схема противооползневых сооружений Одесского побережья и расположение участка исследований

1 – дренажная галерея, оборудованная фильтроскважинами; 2 – водоотводящая штольня, ее номер и длина (в метрах); 3 – траверсы и волноломы; 4 – линия уреза; 5 – сроки окончания противооползневого строительства на соответствующем участке; 6 – участок выполнения батиметрической съемки 2016 г.

Этот комплекс надежно обеспечивает защиту прибрежной территории города от глубоких оползней выдавливания. Вместе с тем анализ данных многолетних геодезических наблюдений показывает, что после выполнения противооползневых мероприятий горные породы, слагающие прибрежную часть плато и оползневые склоны, продолжают испытывать дифференцированные вертикальные движения и медленные поступательные смещения со скоростью от нескольких мм/год (на плато) до десятков см/год (на оползневом склоне) [9-11 и др.].

Опыт изучения оползневых склонов показывает, что использование геодинимического анализа как комплекса геосторических, структурно-вещественных и динамических исследований обеспечивает системную полноту изучения закономерностей развития оползневых процессов [2, 5, 11 и др.]

В обширном арсенале методов геодинимического анализа ключевая роль принадлежит традиционному инженерно-геологическому направлению –

историко-геологическому методу оценки устойчивости и прогноза развития склонов. Этот метод основан на обработке данных о геологическом строении, истории формирования, закономерностях развития оползней за всю историю формирования склона. То есть он предполагает, что для правильного прогноза поведения инженерно-геологической системы, как минимум, необходимо знать закономерности её эволюции.

Литература, посвященная оползням Одесского побережья Черного моря весьма обширна [1-12]. Вместе с тем публикации, посвященные изучению подводного склона оползневого побережья с инженерно-геологической точки зрения немногочисленны [2, 6].

Интерес же инженер-геологов к подводной части оползневых склонов обусловлен как необходимостью инженерной оценки условий строительства различных сооружений, так и для выявления закономерностей развития оползневых склонов на протяжении длительного времени.

*Целью работы* является выявление морфоструктурных особенностей рельефа подводного склона на участке оползневого побережья Черного моря в районе расположения гидробиологической станции Одесского национального университета (ОНУ) имени И. И. Мечникова.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения особенностей рельефа подводного берегового склона были использованы результаты трех батиметрических съемок, выполненных в:

- 2016 г. (ОНУ имени И. И. Мечникова в рамках международного проекта ЕМБЛАС II);
- 2009 г. ( клуб Наварэкс, Одесса);
- 2006 г. (производственно-коммерческая фирма «Проектгидрострой», Одесса).

Кроме того, использовались результаты подводной дистанционной видеосъемки 2008 г. (Клайпедский Университет, Литва совместно с ОНУ имени И. И. Мечникова).

Наиболее подробная батиметрическая съемка была выполнена в 2016 г. по 13 профилям до глубин 16 м на участке протяженностью вдоль берега 1200 м. Границей профилей со стороны берега служила линия волнолома, который расположен на расстоянии примерно 100 м от уреза воды. Волноломы вместе с искусственными пляжами и бунами входят в состав берегозащитных сооружений противооползневого комплекса Одесского побережья. Профили длиной 700–800 м были ориентированы перпендикулярно берегу с расстоянием между ними около 100 м. Для измерения глубин использовался эхолот «SeaCharter 640 сDF», в состав которого входил GPS-блок определения координат. Расстояние между точками эхолотирования глубин на каждом профиле составляло не более 1,0 м. Конвертация данных из формата эхолота для последующей обработки в MS Excel проводилась с помощью программы SonarViewer 1.2.0.2.

Для фильтрации шумов при эхолотных измерениях, оцифровки карт разных лет, построения цифровых моделей рельефа использованы различные пакеты компьютерных программ. В частности, для процедуры, позволившей отфильтровать шумы в эхолотных измерениях, были использованы программные пакеты ArcGIS Desktop с расширением Spatial Analyst. Для построения цифровой модели подводного рельефа использовался пакет Golden Software Surfer. Статистическая обработка данных, проводилась в программе Statistica.

Методика обработки данных съемок заключалась в построении цифровых моделей глубин морского дна и характеристик его рельефа для разных временных срезов 2006, 2009 и 2016 гг. С помощью скользящего осреднения с окном 30 м выявлялись трендовая компонента глубин дна и остаточный ряд для определения с помощью спектрального анализа (Фурье-преобразование) периодической составляющей пространственной изменчивости характеристик рельефа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оползневая зона Одесского побережья состоит из серии оползневых амфитеатров (13 амфитеатров) ограниченных мысами и имеющих характерную вогнутую береговую линию с рядом неглубоких бухт. На плато оползневые амфитеатры очерчиваются дугообразной линией большого радиуса с вершиной дуги, обращенной вглубь плато. Границы между отдельными оползневыми амфитеатрами исторически изменчивы, но амфитеатр всегда представлен бухтой и отделяется от соседних с ним амфитеатров мысами или устьями балок.

Третий оползневой амфитеатр, в пределах которого расположен участок исследований, охватывает территорию побережья от мыса у санатория им. Чкалова до гидробиологической станции ОНУ им. Мечникова (рис. 1) и включает оползневой склон общей шириной от 200 до 360 м и протяженностью 1050 м. Оползневой склон состоит из трех-четырёх оползневых ступеней. Ширина оползневых ступеней в разных частях амфитеатра изменяется от 20 до 50 м. Здесь развиты блоковые оползни, глубоко деформирующие мезозойские породы, с поверхностью смещения, расположенной существенно (до -15,0 м) ниже современного уровня моря. Зафиксированные оползневые смещения первого порядка на данном участке побережья отмечались в 1856, 1858 и 1963 годах, при этом длина отчленившегося массива составляла 420-500 м.

В разрезе преобладают дисперсные, преимущественно глинистые породы, подчиненная роль принадлежит песчаным и сцементированным карбонатным отложениям. К последним относится достаточно мощный (до 13-16 м) и выдержанный в пространстве пласт понтических известняков (рис. 2).

Участок морского дна, примыкающий к оползневому склону является мелководным, характеризуется небольшими глубинами и представляет собой почти плоскую равнину с незначительным общим уклоном дна (0,01-0,02) к востоку (см. рис. 3). От западной границы участка до изобат 10-12 м в рельефе дна хорошо выражены участки увеличения и снижения глубин, относительно резких

изменений направлений изобат и величин уклонов дна. С увеличением глубины моря (более 12 м) очертания изобат приобретают сглаженный характер, а величины уклонов дна изменяются в значительно меньшем диапазоне.

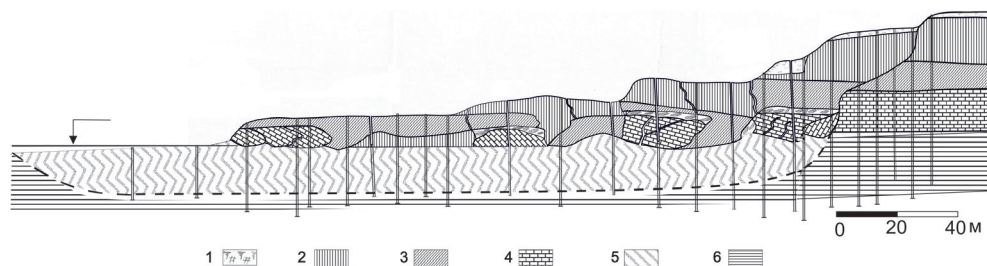


Рис. 2. Схематизированный геологический разрез на участке III оползневого амфитеатра до выполнения противооползневых мероприятий (район штольни 4)

1 – насыпной грунт, 2 – четвертичные лессовидные суглинки, 3 – плиоценовые красно-бурые суглинки, 4 – понтические известняки, 5 – меотические глины в оползшей части склона; 6 – меотические глины в коренном залегании

Спектральным анализом (Фурье-преобразование) пространственных рядов рельефа морского дна после снятия трендовой компоненты по 13 батиметрическим профилям были выявлены высокочастотные периодические составляющие. Наибольшую амплитуду имеют гармоники с периодами 30, 40, 60 м. Важно подчеркнуть, что структура рельефа подводного склона остается практически неизменной при съемках разных лет. При этом наиболее выраженный холмисто-грядовый рельеф морского дна прослеживается до глубины 12 м. Эта же глубина характерна и для поверхности смещения современных оползней выдавливания.

Есть веские основания предполагать, что в подводной части берегового склона прослеживаются оползневые гряды, сложенные известняком и отпрепарированные в ходе абразионной переработки. Такой вывод подтверждается, проведенной в 2008 г. подводной дистанционной видеосъемкой сотрудниками Клайпедского университета.

В частности, было выполнено 18 видео-профилей: 16 в дрейфе и два – при включенном моторе на малой скорости. Продолжительность полученных видео-профилей варьировала от 3 до 15 минут, а длина от 20,5 до 295 м. По результатам видеосъемки выявлены гряды известняка, которые прослеживаются до глубин моря 6-10 м и на расстоянии 250-400 м от береговой линии, отдельные глыбы известняка, возвышаются над дном на высоту до 2 м.

Совокупность признаков позволяет считать, что участок морского дна, прилегающий к берегу до 12-метровой изобаты, представляет собой бенч, выработанный в нарушенных оползнями породах верхнего неогена. Поверхность

его представлена меотическими глинами с вмязыми в них глыбами понтического известняка, которые располагаясь в виде цепочек, образуют серию гряд. Конфигурация оползневых гряд – реликтов древних оползней – приблизительно соответствует «следам» пересечения поверхностей смещений оползней с абразионной поверхностью морского дна. Пространственные перестройки кинематики оползневых движений отчетливо проявляются в изменениях ориентировки оползневых гряд на бенче.

Модель рельефа морского дна, построенная по величинам отклонений от трендовой поверхности глубин, выявляет ярко выраженный холмисто-грядовой характер (рис. 3). Эти особенности рельефа морского дна хорошо прослеживаются на батиметрических профилях.

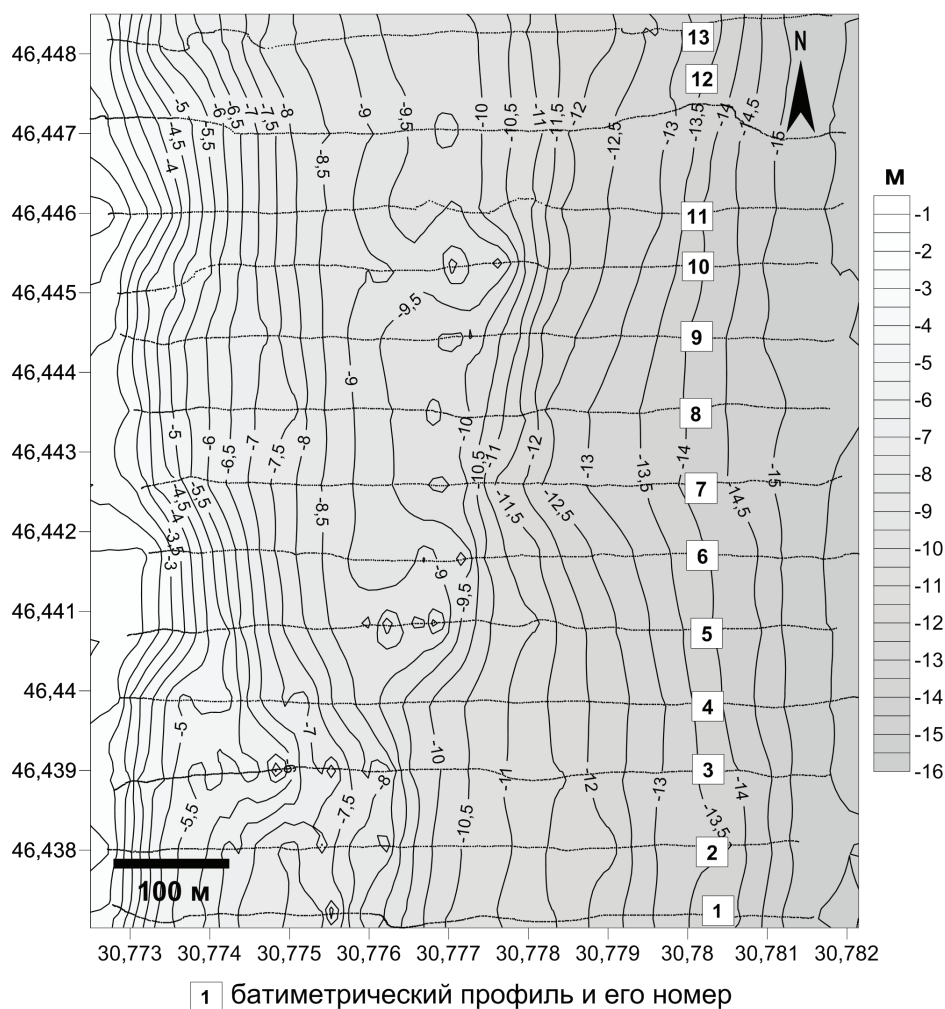


Рис. 3. Батиметрическая карта (район гидробиостанции ОНУ им. Мечникова) по результатам съемки 2016 г. (глубины в метрах)



В качестве примера на рис. 4 приведены измеренные глубины по профилю 3 в 2016 г и рельеф дна после снятия трендовой компоненты глубин по результатам батиметрических съемок 2006, 2009 и 2016 гг. Отчетливо выраженный периодический характер остаточного ряда отклонений от трендовой поверхности глубин указывает на закономерное расположение гряд в рельефе дна.

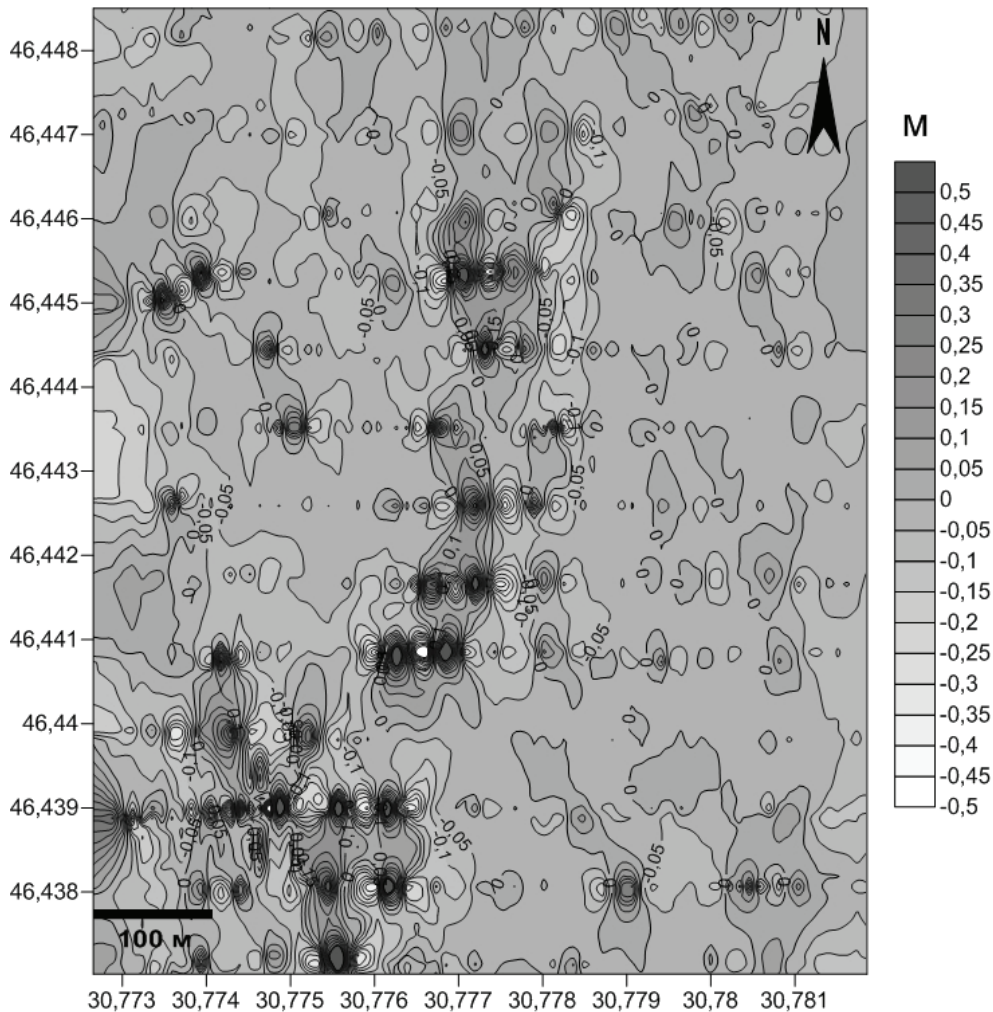


Рис. 4. Модель рельефа морского дна после снятия линейного тренда (р-н гидробиостанции ОНУ им. Мечникова) по результатам съемки 2016 г

Морфометрический анализ рельефа подводного склона по материалам батиметрических съемок и инструментальных наблюдений за деформационными процессами в надводной части позволил выявить постоянства линейных размеров оползневых блоков и азимутов простираций оползневых смещений.

Отметим, что первое упоминание о грядках известняка в прибрежной части Одесского залива Черного моря можно найти в работе И. Ф. Синцова «Об Одесских оползнях и о причинах их происхождения», опубликованной еще в 1898 г. Приведем цитату из этой работы: «Оканчивая эту статью, я не могу не остановиться на следующем обстоятельстве. Известно, что Черное море в Одессе на протяжении около  $1\frac{1}{2}$ –2 верст (прим. авт. 1 верста = 1,066 8 км) от берега довольно мелководно и усъяно грядками подводных скаль, опасных для судоходства. Эти подводные скалы представляют замечательныя памятники той части материка, которая в течение тысячелетий была разрушена многократноповторяющимися оползнями. Но подобное явление могло совершиться только при медленном опускании прибрежной полосы суши и моря.» [7, с. 209].

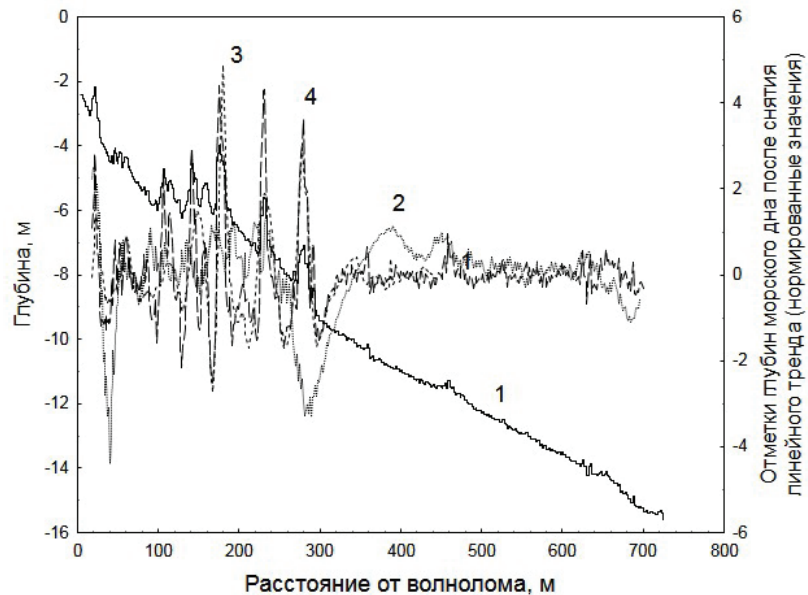


Рис. 4. Рельеф подводного склона вдоль профиля 3 по батиметрическим съёмкам, выполненным в разные годы. 1 – глубина морского дна, съёмка 2016 г. (шкала слева); 2, 3, 4 – рельеф морского дна после снятия линейного тренда (шкала справа): 2 – 2006 г., 3 – 2009 г., 4 – 2016

Таким образом, можно заключить, что геологические [6], геофизические [2, 6] и морфометрические факты свидетельствуют о том, что в пределах прибрежной части Одесского залива Черного моря повсеместно развиты реликты древних оползней.

Если принять среднее значение ширины абразионно-оползневого бенча 400–500 м и выявленное количество оползневых гряд, каждая из которых соответствует одному оползневому циклу длительностью 50–70 лет, то становить-



ся возможным оценить пределы колебаний скоростей абразионно-оползневой денудации береговых склонов величинами порядка 0,5-1,2 м/год. Эти скорости вполне сопоставимы с наблюдаемыми современными скоростями на незащищенных участках Одесского побережья.

## ВЫВОДЫ

1. Морфометрический анализ рельефа морского дна в прибрежной части шельфа, примыкающего к Одесскому побережью с широко развитыми оползневыми процессами, позволил подтвердить наличие реликтов древних оползней на абразионной террасе.

2. Анализ морфометрических параметров современных оползневых склонов и рельефа абразионно-оползневого бенча показывает, что у древних и современных оползней выдавливания линейные размеры оползневых блоков и азимуты простираний оползневых смещений идентичны.

3. Выполненные геоисторические реконструкции позволяют получить не только качественную характеристику геологических процессов, но и осредненную количественную оценку их интенсивности на отрезках времени, намного превышающих период непосредственных натуральных наблюдений.

4. Строительство новых сооружений различного назначения в районе береговой зоны и противооползневое строительство, а также разработку новых и реконструкцию существующих противооползневых и берегозащитных сооружений необходимо вести с учетом выявленных реликтов оползней на подводном склоне.

5. Очевидно, что многие из затронутых в данной работе вопросов, требуют тщательной дальнейшей разработки в части учета продолжительности трансгрессивных фаз Черноморского бассейна в голоцене, современных тектонических движений, динамики наносов на подводном склоне, а также организации крупномасштабной батиметрической съемки подводной части оползневых склонов Одесского побережья.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящее исследование выполнено в рамках госбюджетных тем 575 «Дослідження інженерно-геодинамічного стану прибережних зсувних схилів Чорного моря та впливу природних і антропогенних факторів» и 576 «Провести морські екосистемні дослідження та розробити наукову основу для впровадження Директиви ЄС з морської стратегії», которые в 2017 году финансировались Министерством образования и науки Украины.

Авторы выражают искреннюю благодарность декану биологического факультета ОНУ имени И. И. Мечникова В. В. Заморову, участникам подводно-археологической экспедиции «Наварекс» (Одесса), А. Е. Ивлеву, В. А. Коростиенко, А. И. Терещенко, а также руководителю промерной группы ПКФ «Проектгидрострой» М. Г. Димерли за предоставленные для исследования архивные материалы батиметрических съемок.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксентьев Г. Н.* Некоторые процессы разрушения оползневой берега Северо-западной части Черного моря [Текст] / Г. Н. Аксентьев // Труды океанограф. Комиссии АН СССР, 1959. – Т. IV. – С. 118-121.
2. *Воскобойников В. М.* Применение геодинамического анализа и метода обобщенных переменных для оценки и прогноза устойчивости оползневых склонов (на примере Северного Причерноморья) [Текст] / В. М. Воскобойников, Т. В. Козлова // Инженерная геология. – 1992. – № 6. – С. 34–49.
3. *Дранников А. М.* Генеральная схема противооползневых мероприятий побережья г. Одессы [Текст] / А. М. Дранников // Одесский облсполком. Бюро проектирования противооползневых мероприятий. – Одесса, 1940. – 190 с.
4. *Зелинский И. П.* Оползни северо-западного побережья Черного моря, их изучение и прогноз [Текст] / И. П. Зелинский, Б. А. Корженевский, Е. А. Черкез и др. – К.: Наукова думка. – 1993. – 228 с.
5. *Козлова Т. В.* Инженерно-геодинамические условия оползневой склона территории Приморского бульвара в Одессе [Текст] / Т. В. Козлова, Е. А. Черкез, В. И. Шмуратко // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки – 2013. – Том 18, вип. 1 (17). – С. 58 -70. – ISSN 2303-9914.
6. *Ротар М. Ф.* Деякі особливості інженерно-геологічних умов центральної частини північно-західного узбережжя та прилеглої смуги шельфу Чорного моря [Текст] / М. Ф. Ротар, В. М. Воскобойников, Е. В. Старков, А. В. Додін // Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР, 1974. – Вип. 7. – С. 54-61.
7. *Синцов И. Ф.* Об Одесских оползнях и о причинах их происхождения [Текст] / И. Ф. Синцов // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. – Одесса, 1898. – Т. XXII. – Вып. I. – С. 187-241.
8. *Хренников Н. А.* Особенности оползневой склона отдельных участков Одесского побережья [Текст] / Н. А. Хренников // Труды ОГУ. – Сер. геол. и геогр. наук, 1960. – Т. 150. – Вып. 7. – С. 81-117.
9. *Черкез Е. А.* Инженерная геодинамика оползневых склонов и вопросы берегозащиты Одесского побережья [Текст] / Г. Л. Кофф, В. А. Соколов // Материалы международной конференции г.Одесса, 7-11 сентября 2008 г. ИПРЭЭИ НАН Украины. – Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 2008.– С. 19-31.
10. *Черкез Е. А.* Инженерно-геологические условия территории Приморского бульвара в Одессе в период строительства Потемкинской лестницы (по данным изысканий 1840-х годов) [Текст] / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – Київ, 2008. – № 2. – С. 11–18.
11. *Черкез Е. А.* Инженерная геодинамика оползневых склонов Одесского побережья после осуществления противооползневых мероприятий [Текст] / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки. – 2013. – Том 18. – Вип. 1 (17). – С. 15-25. – ISSN 2303-9914.
12. *Яцько І. Я.* Зсувні явища на одеському узбережжі Чорного моря [Текст] / І. Я. Яцько // Вісник метеорології та гідрології, 1938. – №3-4. – С.43-60.

## REFERENCES

1. Aksentev, G. N. (1959), Nekotoryie protsessy razrusheniya opolznevogo berega Severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Some processes of destruction of landslide bank of North-western part of the Black Sea], *Proceedings of oceanographic Commission of the Academy of Sciences of the USSR*, Vol. IV, pp. 118-121.
2. Voskoboynikov, V. M., Kozlova, T. V. (1992), Primenenie geodinamicheskogo analiza i metoda obobshchennykh peremennykh dlya otsenki i prognoza ustoychivosti opolznevyykh sklonov (na primere Severnogo Prichernomor'ya) [Use of the geodynamic analysis and method of the generalized variables for estimating and predicting the stability of landslide slopes (by the example of the Northern Black Sea region)], *Engineering geology*, No. 6: pp. 34-49.
3. Drannikov, A. M. (1940), General'naya skhema protivopolznevyykh meropriyatiy poberezhya g. Odessa [General scheme of anti-Landslide measures of the coast of Odessa], Odessa, 190 p.
4. Zelinskiy, I. P., Korzenevskiy, B. A., Cherkez, E. A., Shatohina, L. N., Ibragimzade, D. D., Socalo, N.S. (1993), «Opolzni severo-zapadnogo poberezhya Chernogo morya: ikh izuchenie i prognoz» [Landslides of north-western coast of the Black sea, their study and Prognosis], *Naukova dumka*, Kiev, 1993, 228 p.
5. Kozlova, T.V., Cherkez, E.A., Shmouratko, V.I. (2013), Inzhenerno-geodinamicheskie usloviya opolznevogo sklona territorii Primorskogo bulvara v Odessa [Engineering-geodynamic conditions of the landslide slope of the Primorsky boulevard territory in Odessa], *Herald of the Odessa National University, Series: Geographical and geological sciences*, Vol. 18, Prod. 1, pp. 58-70. ISSN 2303-9914.
6. Rotar, M. F., Voskoboynikov, V. M., Starkov, E. V., Dodin, A. V. (1974), Deyaki osoblyvosti inzhenerno-geologichnykh umov tsentral'noy chastyny pivnichno-zakhidnoho uzberezhzha ta prylehloyi smuhy shel'fu

- Chornoho moriya [Some peculiarities of engineering geological conditions of North-Western Black Sea shore and shelf in its central part], *Geology of the Coast and the Bottom of the Black and Sea of Azov within the Ukrainian SSR, vol. 4. Vishcha Shkola, Kiev, pp. 54-61 (in Ukrainian)*
7. Sintsov, I. F. (1898), Ob Odesskikh opolznyakh i o prichinakh ikh proiskhozhdeniya [About the Odessa landslides and about the reasons of their origin], *Notes of Novorossiysk society of scientists*, Vol. XXII, No 1, Odessa, pp. 187-241.
  8. Khrennikov, N. A. (1960), Osobennosti opolzneвого sklona ot delnykh uchastkov Odesskogo poberezhya [Features of a landslide slope of separate sites of the Odessa coast], *Works of Odessa State University, Geology and geography*, Vol. 150, No.2, pp. 81-117.
  9. Cherkez, E. A., Koff, H. L., Sokolov, V. A. (2008), Inzhenernaya geodinamika opolznevykh sklonov i voprosy beregozaschityi Odesskogo poberezhya [Engineering geodynamics of landslide slopes and questions of coast protection of the Odessa sea coast], *Proceedings of the International Conference Odessa, September 7-11, 2008 IPREEI NAS of Ukraine*, Odessa: IPREEI NAS of Ukraine, pp. 19-31.
  10. Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (2013), Inzhenernaya geodinamika opolznevykh sklonov Odesskogo poberezhya posle osushchestvleniya protivopolznevykh meropriyatiy [Engineering geodynamics of landslide slopes of the Odessa sea coast after anti-landslide measures], *Herald of the Odessa National University, Geographical and Geological Sciences*, Vol. 18, Issue 1, pp. 15-25.
  11. Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (2008), Inzhenerno-geologicheskie usloviya territorii Primorskogo bulvara v Odesse v period stroitelstva Potemkinskoy lestnitsy (po dannym izyskaniy 1840-kh godov [Geological engineering characteristics of the Primorsky boulevard area in Odessa during construction of the Potyomkin stairs (based on the research of the 1840's historical data)], *Ecology Environment and Security zhyttyedyaln*, No.2, pp. 10-23.
  12. Yats'ko, I. Ya. (1938), Zsvuni yavlyshcha na odes'komu uzberezhzhii Chornoho moriya [Landslides on the Odessa coast of the Black sea], *Bulletin of meteorology and hydrology*, No 3-4, pp. 43-60.

Поступила 20. 10. 2017

**Т. В. Козлова<sup>1</sup>**, канд. геол.-мін. наук, доцент

**Є. А. Черкез<sup>1</sup>**, доктор геол.-мін. наук, професор

**М. Г. Ботнар<sup>1</sup>**, студ. магістратури

**Є. І. Газєтов<sup>2</sup>**, наук. співробітник

**С. М. Снігірьов<sup>2</sup>**, старший наук. співробітник

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,

<sup>1</sup>кафедра інженерної геології і гідрогеології,

<sup>2</sup>регіональний міжвідомчий центр інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень,

Шампанський пров, 2, Одеса, 65058, Україна

ktv\_onu@yahoo.com

## **МОРФОСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ АБРАЗІЙНО-ЗСУВНОГО БЕНЧУ ОДЕСЬКОГО УЗБЕРЕЖЖЯ ЧОРНОГО МОРЯ**

### **Резюме**

У статті представлені результати морфометричного аналізу рельєфу морського дна Чорного моря у межах території гідробіологічної станції Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. На підставі аналізу батиметричних зйомок 2016, 2009 і 2006 років на підводній абразійній терасі, що примикає до зсувного схилу виявлено зсувні гряди, складені вапняком і відпрепаровані в ході абразійної переробки. Ці гряди простежуються до глибин моря 10-12 м і на відстані 400-500 м від берегової лінії, що дає можливість реконструювати

характер стародавніх зсувних зміщень за останні кілька сотень років. Морфометричний аналіз рельєфу підводного схилу за матеріалами батиметричних зйомок дозволив підтвердити структурну обумовленість орієнтування векторів минулих зсувних зміщень і величини «кроку зсуву». Результати дослідження можуть бути використані для вироблення оптимальних інженерних рішень, пов'язаних з проблемою еколого-геологічного захисту зсувних територій і прийняття проектних рішень щодо забудови берегової зони.

**Ключові слова:** абразійно-зсувний бенч, зсуви, рельєф морського дна, Чорне море, Одеське узбережжя.

**T. V. Kozlova<sup>1</sup>**

**E. A. Cherkez<sup>1</sup>**

**M. H. Botnar<sup>1</sup>**

**Ye. I. Gazyetov<sup>2</sup>**

**S. M. Snigirov<sup>2</sup>**

Odessa I. I. Mechnikov National University,

<sup>1</sup>Department of Engineering Geology and Hydrogeology,

<sup>2</sup>Regional Interdepartmental Center of Integrated Monitoring and Environmental Research,

Shampanskiy per, 2, Odessa, 65058, Ukraine

ktv\_onu@yahoo.com

## **MORPHOSTRUCTURE PECULIARITIES OF ODESSA COAST ABRASIVE-LANDSLIDE BENCH OF THE BLACK SEA**

### **Abstract**

**Problem Statement and Purpose.** The literature on the landslides of Odessa Black Sea coast is quite numerous. Together with that, there are few publications dedicated to studies of the underwater slope of the landslide coast from the viewpoint of engineers-geologists. Interest of geology engineers to the underwater part of landslide slopes is caused by both the need in geological assessment of conditions for different facilities building and the necessity of revealing the regularities of landslide slopes development for a long time. *The aim of the work* is detection of morphostructure peculiarities of underwater slope relief on the segment of landslide Black Sea coast in the area of hydrobiological station of Odessa I. I. Mechnikov National University (ONU).

**Data & Methods.** To study peculiarities of the relief of underwater coastal slope the results of 3 bathymetries were used: of 2016 (performed by the ONU in the framework of EMBLAS II Project); of 2009 (club Navareks, Odessa); of 2006 (production-commercial firm «Proektgidrostroy», Odessa).

Besides, the results of underwater remote filming carried out in 2008 (Klaipeda University, Lithuania), together with the ONU) were used.

The most detailed bathymetry was performed during the survey of 2016 along 13 depth profiles down to the depth of 16 m at the plot stretching along the coast for 1200 m. To measure the depth echo-sounder «SeaCharter 640 cDF» comprising GPS block to set coordinates was used. Conversion of the data from the echo-sounder

format for the further processing in MS Excel was done using software SonarViewer 1.2.0.2.

Digital model of underwater relief was built using modern GIS-software ArcGIS Desktop and Surfer package. Statistical processing of the data was done using Statistica software.

**Results.** Relicts of old land-slides were found in the coastal part of Odessa coastal shelf down to the depth of 10-12 m. Morphometric analysis of the relief of underwater slope using materials of the bathymetric surveys and instrumental observations of deformation processes in the above-water portion enabled us to reveal stability of linear dimensions of landslide blocks and strike azimuths of old and modern landslides shifting. Geohistorical reconstructions performed enabled us to receive not only quality characteristics of geological processes, but also averaged quantitative estimation of their intensity for the periods of time exceeding significantly the periods of field studies. Building of new facilities of different purpose in the coastal zone area and anti-landslide construction, as well as development of new and reconstruction of existing coast-protection works shall be done taking into consideration the relicts of landslides found on the underwater slope.

**Keywords:** abrasion-landslide bench, landslides, relief of sea bottom, Black Sea, Odessa coast.