

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 624. 131

Е. А. Черкез, доктор геол.-мин. наук, професор**В. И Шмуратко**, доктор геол. наук, професор**Т. В. Козлова** канд. геол.-мин. наук, доцент**Е. Э. Чуйко**, ст. преподаватель

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

decanat.ggf@onu.edu.ua, svi55@te.net.ua, ktv_onu@yahoo.com

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕОПАСНОЙ ТЕРРИТОРИИ УЧАСТКА ПРАВОБЕРЕЖЬЯ М. АДЖАЛЫКСКОГО ЛИМАНА

В предлагаемой работе обосновывается метод инженерно-геодинамической типизации оползнеопасной территории, который включает анализ структурно-вещественного состава пород и инструментальных наблюдений за деформационными процессами на оползневом склоне. На основе геологического бурения и геодезических наблюдений за поверхностными смещениями массива пород склона в период с 1981 по 2010 гг. выполнена инженерно-геодинамическая типизация оползневого участка правобережья Малого Аджалыкского лимана (территория Одесского припортового завода) и выявлены возможные зоны повышенного риска, связанные с современными инженерно-геологическими и геодинамическими процессами. Главной причиной активизации зон наибольшего инженерно-геодинамического риска является иерархически-блоковое строение территории, для которой характерен непрерывный и дифференцированный характер перемещения геоблоков разного порядка.

Ключевые слова: основной деформируемый горизонт, деформации оползневого склона, Малый Аджалыкский лиман, инженерно-геодинамическая типизация.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных задач при прогнозе оползневых процессов является типизация оползневых склонов. В настоящее время существует большое количество как общих, так и частных типизаций оползневых и оползнеопасных склонов, основанных на различных принципах.

Опыт изучения оползневых склонов показал, что использование геодинамического анализа как комплекса геосторических, структурно-вещественных и динамических исследований обеспечивает системную полноту изучения закономерностей развития оползневых процессов [1, 4, 9].

Поэтому ключом к решению задач инженерно-геодинамической типизации оползневой и оползнеопасной территории является интегральный учет показателей, характеризующих структурно-геологические условия и динамику деформационных процессов. Типизация оползневых склонов, построенная на

таким подходе, чрезвычайно важна для выработки оптимальных инженерных решений, связанных с проблемой эколого-геологической защиты территорий.

Результаты наших исследований последних десятилетий [1, 3, 4, 5, 8, 10, 14] показывают, что существенную роль в формировании и динамике оползневых процессов играет неоднородность геологической среды, выраженная в ее микроблоковой структуре. Главными элементами такой структуры являются межблоковые зоны – зоны наибольшего инженерно-геодинамического риска. Именно для таких зон типичны экстремальные градиенты скоростей и деформаций, обусловленные дифференцированным характером блоковых движений, что является предпосылкой снижения устойчивости склонов.

Нами предпринята попытка оценить инженерно-геодинамические условия участка оползнеопасной территории Одесского припортового завода (ОПЗ), расположенного на правом берегу Малого Аджалькского лимана (МАЛ) на основе геодинамического анализа, включающего изучение структурно-вещественного состава пород и математическую обработку инструментальных наблюдений за деформационными процессами на оползневом склоне.

Цель работы состоит в инженерно-геодинамической типизации оползнеопасного участка правобережья МАЛ (территория ОПЗ) и выявлении возможных зон повышенного риска, связанных с современными инженерно-геологическими и геодинамическими процессами.

Объект исследования – оползневой склон правобережья МАЛ (территория ОПЗ). *Предмет исследования* – деформации оползневого склона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемый участок расположен на правом берегу МАЛ в пределах территории ОПЗ. Геологический разрез представлен мезокайнозойскими глинами (с прослоями песка на отметках $-11 \div -16$ м и известняка на отметках $-26 \div -29$ и $-31 \div -33$ м), которые перекрыты палеогеновыми известняками мощностью 7 – 9 м, красно-бурыми глинами и четвертичными лёссовидными суглинками мощностью до 17 м.

В процессе строительства гидротехнических сооружений выполнены планировка и террасирование склонов. На спланированном участке территории поверхность мезокайнозойских отложений прикрыта насыпными грунтами и бетонными плитами. В основании склона, в прибрежной зоне, проведены дноуглубительные работы, увеличившие максимальную глубину лимана от 2 – 4 м до 14 – 18 м. При сооружении причалов нижняя часть оползневого склона укреплена рядами железобетонных свай длиной 25 – 27 метров и крупноглыбовым скальным материалом.

На исследуемом участке в разное время и разными организациями пробурены десятки глубоких скважин на плато, оползневом склоне и акватории лимана (рис. 1).

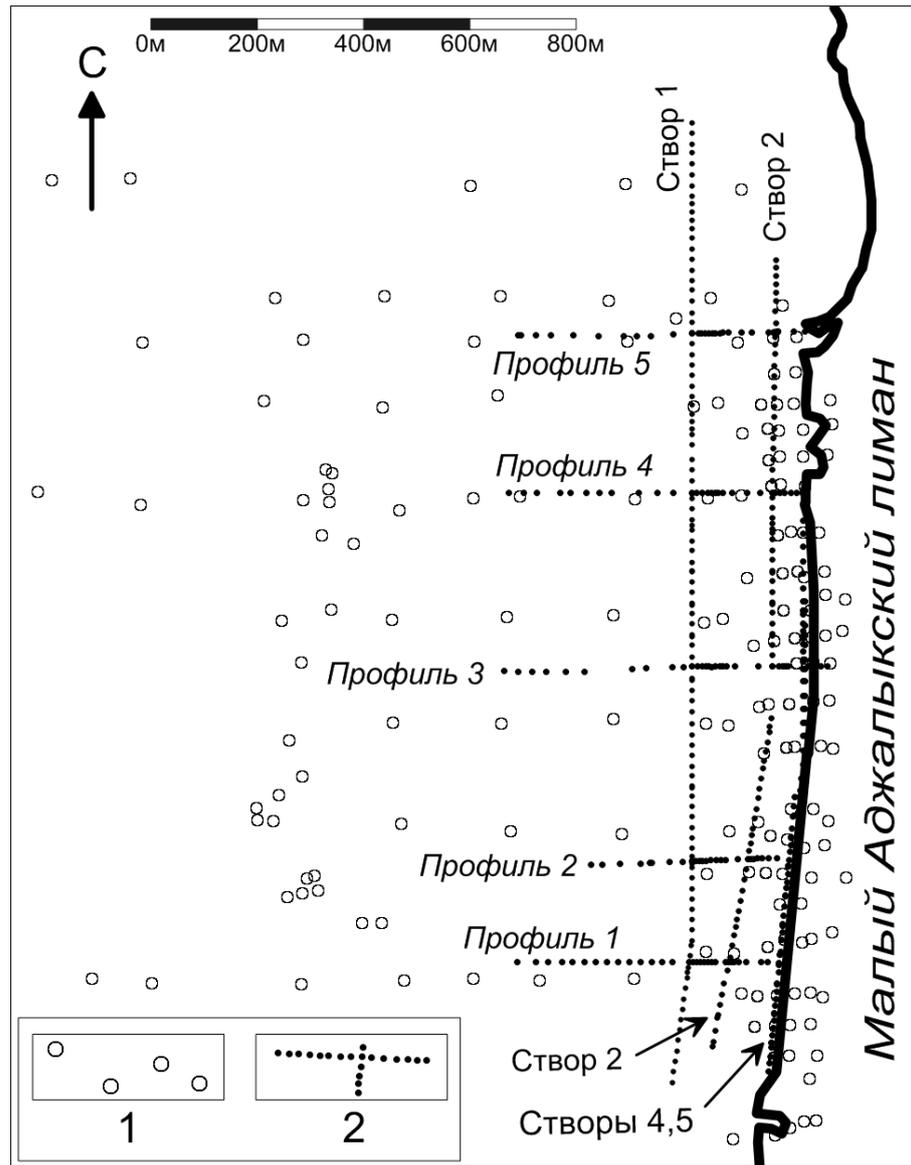


Рис. 1. Карта расположения буровых скважин и пунктов геодезических и инструментальных наблюдений на территории ОПЗ. 1 – скважины, пробуренные в 1973-1974 гг. и в 2000-2010 гг.; 2 – геодезические марки (поперечные профили и продольные вдольбереговые створы).

Для выявления деформаций склона нами использовались данные геодезических наблюдений за поверхностными смещениями массива пород склона, выполненных институтом “Черноморниипроект” в период с 1981 по 2010 гг.

Наблюдения за горизонтальными и вертикальными поверхностными смещениями геодезических марок ведутся по четырем продольным (вдольбереговым) створам и пяти поперечным профилям, ориентированным по падению склона в сторону лимана (рис. 1). В статистическую обработку включено 150 марок, расположенных в пределах 5 профилей. Длина поперечных профилей варьирует от 330 до 600 м. Среднее расстояние между марками 17 м. Анализ выполнялся для временного интервала 1996-2010 гг. в пределах профиля 3 и для интервала 2000 по 2010 гг. по профилям 1, 2, 4, 5.

По каждому геодезическому поперечнику рассчитывались накопленные за период наблюдений величины вертикальных и горизонтальных смещений геодезических марок, анализировались данные межгодовых измерений вертикальных и горизонтальных смещений марок.

В ходе картографического моделирования на основе данных по профилям изучались пространственные закономерности распределения следующих четырех параметров:

- средняя многолетняя скорость вертикальных смещений марок (vSz),
- средняя многолетняя скорость горизонтальных смещений марок (vSx),
- накопленная величина горизонтальных смещений марок (Sx) и – накопленная величина относительных горизонтальных деформаций (dSx/dL) между смежными марками в пределах профилей (разность в горизонтальных смещениях смежных марок dSx , отнесенная к расстоянию между этими марками dL). Этот показатель позволяет косвенно выявлять участки относительного растяжения и сжатия пород склона.

Продольные (вдольбереговые) створы расположены на бермах склона с отметками: +26,6 м (створ 1); +9,3 м (створ 2); +1,7 м (створ 4); +1,7 м (створ 5). Длина створов изменяется от 894 до 1821 м. В обработку в общей сложности было включено 150 геодезических марок (4 створа). Период наблюдения за вертикальными и горизонтальными смещениями марок в пределах створов различный. Наиболее длительные геодезические наблюдения (1981-2008 гг.) проводились в пределах створов 1 и 2.

По каждому геодезическому створу рассчитывались накопленные за период наблюдений величины вертикальных и горизонтальных смещений геодезических марок, вычислялась среднегодовая скорость смещений марок, анализировались данные межгодовых измерений вертикальных и горизонтальных смещений марок.

Наиболее информативными современными методами изучения структурных особенностей территории являются статистическая обработка данных многолетних комплексных режимных наблюдений и картографическое моделирование. На этой основе можно установить пространственно-временные закономерности формирования и развития современных вариаций напряженно-

деформированного состояния массива пород, установит местоположение и характерные простирания зон возможной активизации деформаций и смещений и участков потенциального риска.

Для выявления возможных зон повышенного риска, связанных с современными инженерно-геологическими и геодинамическими процессами, были решены следующие задачи:

- построены картографические модели рельефа поверхности основного деформируемого горизонта (меотические отложения) и распределения вертикальных, горизонтальных смещений пород склона;
- выполнен анализ данных инструментальных наблюдений для установления пространственных закономерностей формирования и развития деформационных процессов;
- на основе картографического моделирования выполнена инженерно-геодинамическая типизация оползнеопасного участка правобережья МАЛ (территория ОПЗ) и составлена карта повышенного инженерно-геодинамического риска.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных геологических исследований

На основании данных бурения изучен рельеф поверхности основных стратиграфических подразделений (меотических глин, понтических известняков, плиоценовых красно-бурых (так называемых “скифских” глин), а также – изменение мощности понтических известняков и скифских глин.

При этом главное внимание было сосредоточено на изучении рельефа глин меотического яруса, т. к. именно эти отложения, будучи основным деформируемым горизонтом, определяют особенности механизма и динамику оползневых процессов. Карта рельефа поверхности пород меотического яруса показана на рис. 2.

В контексте нашей работы наиболее информативным методом изучения структурных особенностей территории является картографическое моделирование на основе обнаружения градиентных зон, т. е. зон, в пределах которых наблюдается аномально быстрое изменение отметок рельефа в том или ином направлении. Известно, что такие зоны, являются признаком дифференцированных движений геоблоков различного масштаба, вплоть до самых мелких с характерным размером первые десятки метров [2, 3, 6, 7, 11-13, 15].

Построена серия карт градиентов рельефа кровли меотических глин, вычисленных в двух диагональных направлениях (ЮЗ – СВ и ЮВ – СЗ) и в двух ортогональных (юг – север и запад – восток). Визуальный анализ этих градиентных карт (рис. 3) свидетельствует о том, что на территории ОПЗ участки повышенных градиентов рельефа действительно существуют; их можно объединить в линейно вытянутые зоны, ориентированные в субмеридио-

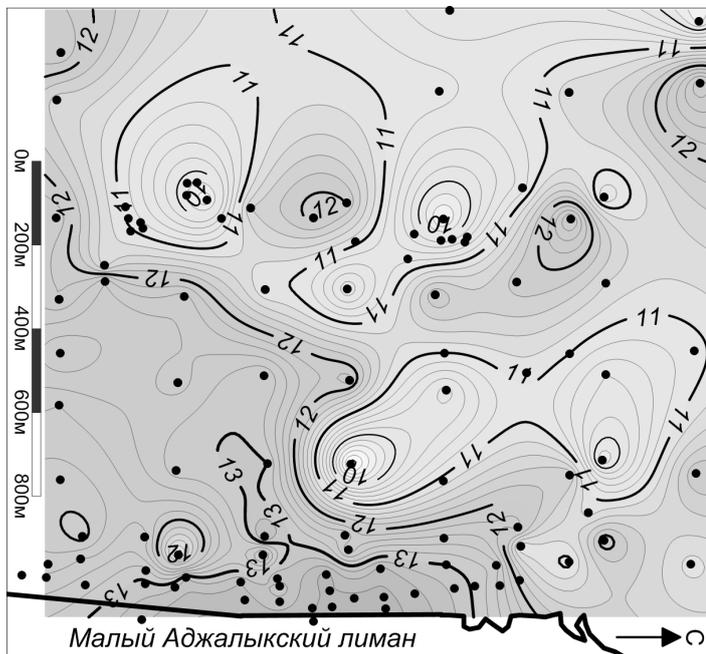


Рис. 2. Рельеф поверхности глин меотического яруса. Черные точки – геологические скважины, пробуренные в 1973-1974 гг. и в 2000-2010 гг., по данным которых построена карта.

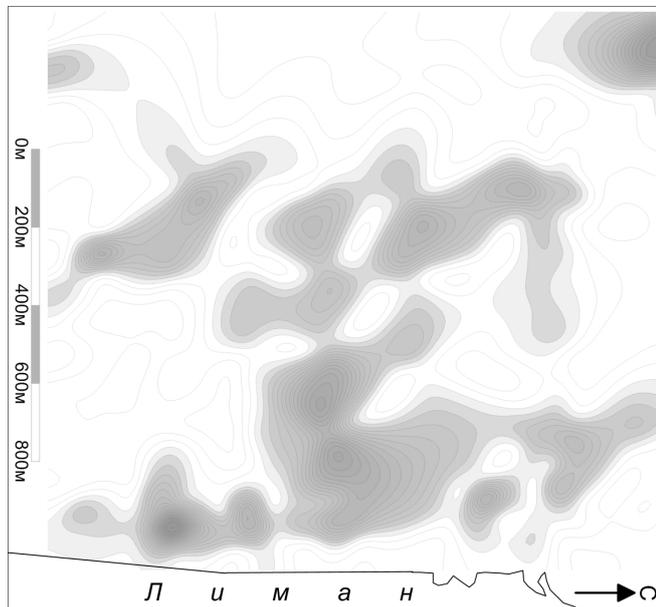


Рис. 3. Абсолютный градиент рельефа поверхности меотических глин, вычисленный как сумма градиентов двух диагональных направлений (юго-запад – северо-восток и юго-восток – северо-запад). Визуально выделяются линейные зоны повышенных градиентов трех основных направлений – субмеридионального, субширотного и северо-западного.

нальном (СЗ), северо-западном и субширотном направлениях. Характерный “шаг” между градиентными зонами составляет от 200 до 700 м.

Рисунок 4 (условное обозначение 1) обобщает, в частности, результаты картографического моделирования рельефа меотиса. На нем показаны зоны, в пределах которых в каждой точке наблюдаются максимальные (независимо от направления) градиенты рельефа. Эти зоны можно считать зонами потенциального инженерно-геодинамического риска. Именно здесь могут быть сосредоточены наиболее активные дифференцированные перемещения геоблоков различного масштаба, в отличие от пространства внутри геоблоков, где возможные деформации и вариации напряженного состояния пород будут носить более спокойный и менее опасный характер.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Анализ данных геодезических наблюдений позволил выявить кинематические характеристики смещений пород склона и пространственные закономерности их изменений:

- диапазон изменения накопленных вертикальных смещений марок в пределах 5 профилей за период 2000–2010 гг. составляет от -0,5 мм до -53,0 мм. Большинство марок испытывают тенденцию к опусканию со средней многолетней скоростью около 3 мм/год (диапазон от -22,0 до +6,0 мм/год);
- диапазон изменения накопленных (2000-2010 гг.) горизонтальных смещений марок в сторону лимана в пределах профилей варьирует от -5,0 до +85,0 мм;
- диапазон среднегодовой скорости вертикальных смещений марок в пределах продольных створов составляет от -10,5 мм/год до +8,5 мм/год;
- среднегодовая скорость горизонтальных смещений вдоль створов изменяется от +0,1 до +7,3 мм/год;
- максимальные величины опусканий марок приурочены к средней и верхней частям склона и к прибровочной части плато;
- относительно устойчивые зоны растяжений расположены в прибровочной части плато, верхней и средней частях склона. Характерный шаг между ними составляет 12...25, 30...50, 100...120 м;
- зоны растяжений пространственно совпадают с участками максимальных опусканий и могут интерпретироваться как зоны потенциального оползневого закола. Зоны сжатия приурочены к нижней части склона, к участкам террасирования и причальных сооружений;
- характер и скорости смещения марок остаются практически одинаковыми в пределах периода наблюдений, что может свидетельствовать о незатухающем процессе ползучести пород меотических отложений, выступающих в качестве основного деформируемого горизонта.

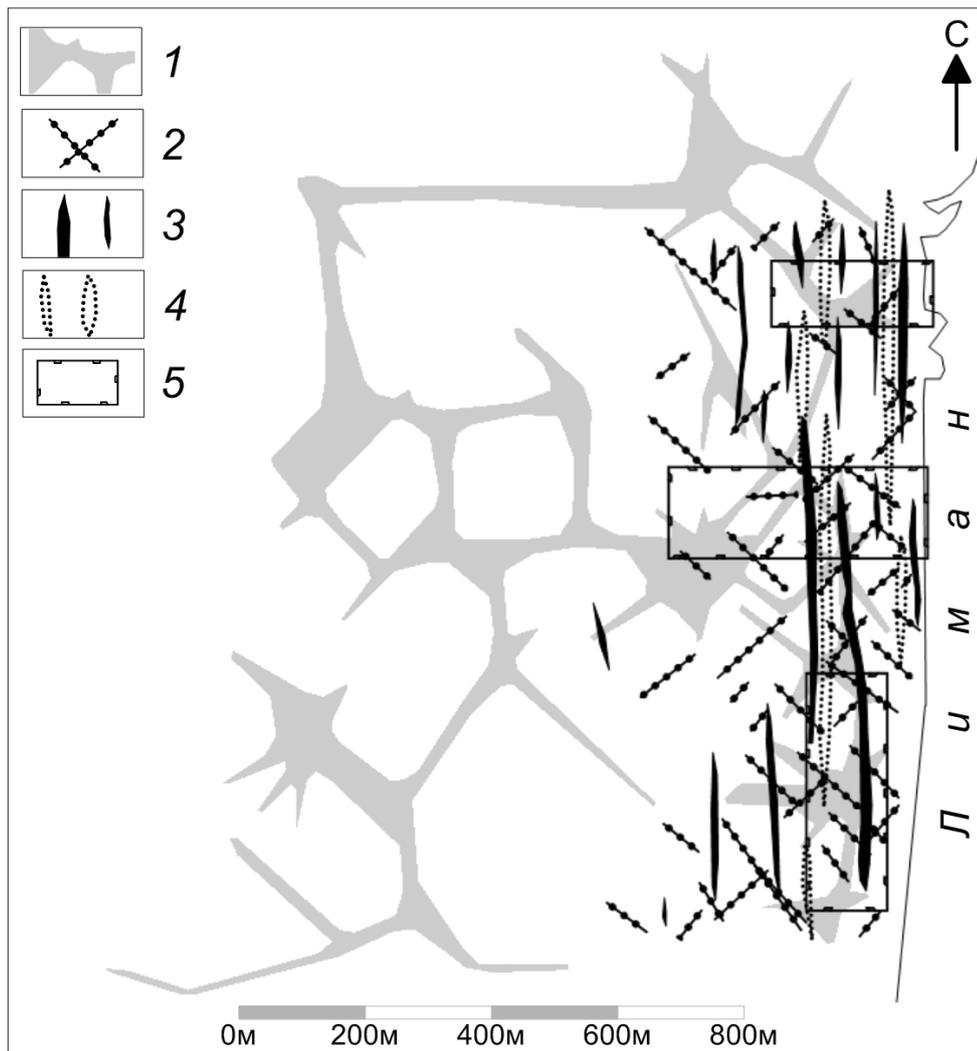


Рис. 4. Градиентные зоны и участки повышенного инженерно-геодинамического риска на территории ОПЗ: 1 – зоны потенциального инженерно-геодинамического риска, выявленные по градиентам рельефа мезотических глин; 2 – предполагаемая диагональная сеть градиентных зон вертикальных смещений; 3 – зоны максимальных градиентов вертикальных смещений; 4 – зоны максимальных суммарных многолетних горизонтальных растяжений; 5 – участки, рекомендуемые в качестве приоритетных в ходе дальнейшего геодезического мониторинга.

Картографическое моделирование на основе данных геологического бурения позволило установить местоположение и характерные простирания зон возможной современной активизации.

Второй этап исследований предусматривал ответ на вопрос, какие из этих зон и участков потенциального риска действительно активизируются в настоящее время. Ответ получен в результате картографического моделирования по данным геодезического мониторинга вдоль профилей.

На основе профильных геодезических данных построена серия градиентных карт среднегодовых многолетних скоростей вертикальных смещений реперов, т. е. параметра vSz . Итоговая карта этой серии построена на основе сравнения в каждой точке территории величин абсолютного градиента по восьми направлениям и выбора наибольшей из этих величин в качестве параметра для построения карты. Зоны абсолютного максимального градиента вертикальных скоростей ($vSz-max$) образуют две системы – диагональную и ортогональную, т. е. системы, подобные тем, которые обнаруживаются на градиентных картах рельефа кровли меотиса (см. рис. 4; условное обозначение 2). Однако, карты $vSz-max$ отличаются заметно меньшим характерным “шагом” между градиентными зонами. Выявляются “блоки” и “зоны” с шагом до 100 м и меньше. Можно предположить, что это связано с большей, чем в случае с интерпретацией материалов бурения, разрешающей способностью данных геодезического мониторинга.

Наиболее дифференцированный характер вертикальных деформаций обнаруживается на двух участках береговой зоны – в южной и в средней ее частях. В северной части территории дифференцированность по вертикальным скоростям заметно меньше, и здесь, по-видимому, ортогональная сеть градиентных зон превалирует над диагональной.

Анализ горизонтальных смещений профильных марок показывает, что плановый “рисунок” этого параметра в целом повторяет характер распределения вертикальных скоростей.

Аналогичные пространственные закономерности выявляет и параметр dSx/dL , косвенно характеризующий величину растягивающих (сжимающих) напряжений на участках между соседними реперами. Наибольшие растягивающие напряжения выявляются в северной и средней частях прибрежной территории.

В ходе картографического моделирования на основе данных по створам изучались пространственные закономерности распределения двух параметров:

- средней многолетней скорости вертикальных смещений марок (vSz) и
- средней многолетней скорости горизонтальных смещений марок (vSx).

В результате было выявлено следующее.

В целом для прибрежной зоны характерны преимущественно отрицательные вертикальные смещения марок со средней многолетней скоростью от -1 до -2 мм/год. Для средней части территории скорости опусканий увеличиваются до $-4...-5$ мм/год. Своеобразный “рисунок” распределения параметра vSx характерен для южной половины прибрежной территории. Здесь наблюдаются весьма контрастные скорости вертикальных смещений: “блоки” положительных скоростей (до $+5...+7$ мм/год) закономерно чередуются с “блоками” отрицательных скоростей (до $-8...-9$ мм/год).

На основе комплексного анализа всех картографических моделей выполнена инженерно-геодинамическая типизация оползневого склона территории ОПЗ по степени инженерно-геодинамического риска и составлена карта градиентных зон и участков повышенного инженерно-геодинамического риска (см. рис. 4).

ВЫВОДЫ

1. На основе инженерно-геодинамического анализа (геологических данных и инструментальных наблюдений) выполнена типизация оползневого склона МАЛ (территория ОПЗ) по степени инженерно-геодинамического риска.

2. Главной причиной возникновения зон наибольшего инженерно-геодинамического риска является иерархически-блоковое строение территории, а современная активность этих зон поддерживается непрерывным и дифференцированным характером перемещения геоблоков разного порядка.

3. Характерное направление зон повышенного геодинамического риска связано преимущественно с диагональными направлениями, характерными для геологического строения территории; по мере приближения к береговой зоне активность диагональной сети “подавляется” влиянием ортогонального простирания берега лимана, и здесь зоны повышенного риска ориентированы преимущественно вдоль берега.

4. Установленные на территории ОПЗ закономерности характерны для всего Одесского региона и подтверждают, что существенную роль в формировании и динамике оползневых процессов, играет микроблоковая структура геологической среды, главными элементами которой являются межблоковые зоны – зоны наибольшего инженерно-геодинамического риска. Именно для таких зон типичны экстремальные градиенты скоростей и деформаций, обусловленные дифференцированным характером блоковых движений, именно такие зоны являются предпосылкой снижения устойчивости склонов.

5. Результаты картографического моделирования необходимо учитывать при разработке и проектировании защитных сооружений (противооползневых, дренажных и др.).

6. Условия эксплуатации существующих на территории ОПЗ и строительство проектируемых сооружений должны исключать даже временное ухудшение инженерно-геологических условий. Оползневой склон территории ОПЗ является геологически сложным и геодинамически активным природным объектом. Поэтому в ближайшее время крайне необходима организация на данной территории дополнительных инженерно-геологических изысканий и комплексного мониторинга геологической среды, в частности создание опорных участков геодезических наблюдений на локальных объектах в соответствии с картой типизации территории по степени инженерно-геодинамического риска (см. рис. 4; условное обозначение 5).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскобойников В. М.* Применение геодинамического анализа и метода обобщенных переменных для оценки и прогноза устойчивости оползневых склонов (на примере Северного Причерноморья) / В. М. Воскобойников, Т. В. Козлова // Инженерная геология. – 1992. – № 6. – С. 34–49.
2. *Инженерные сооружения* как инструмент изучения тектонической дискретности и активности геологической среды / *И. П. Зелинский, Т. В. Козлова, Е. А. Черкез, В. И. Шмуратко* // Механика грунтов и фундаментостроение : труды 3 Украинской научно-технич. конфер. по механике грунтов и фундаментостроению, 17-19 сент. 1997, Одесса. т. 1, Одесса, 1997. – С. 53-56.
3. *Козлова Т. В.* Влияние высокочастотного волнового тектогенеза на развитие оползневых процессов / Т. В. Козлова // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. Київ. – 2001. – № 5. – С. 20-27.
4. *Козлова Т. В.* Инженерно-геодинамические условия оползневых склона территории Приморского бульвара в Одессе / 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.
5. *Микроблоковое строение* геосреды и деформационные процессы в береговой зоне (на примере Припортового участка г. Одессы) / Б. В. Будкин, Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник Укр. буд. екон. та наук.-техн. знань. – К. 1998. – № 2. – С 25 – 27.
6. *О причине продолжающихся* деформаций здания Одесского театра оперы и балета / В. И. Шмуратко, Е. А. Черкез, Т. В. Козлова [та ін.] // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки, 2013. – Том 18. – Вип. 1 (17). – С. 58-70. – ISSN 2303-9914.
7. *Подвижность геологической среды* и проблема сохранения здания Одесского академического театра оперы и балета / И. П. Зелинский, Т. В. Козлова, Е. А. Черкез [та ін.] // Труды 3-ей Украинской научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению “Механика грунтов и фундаментостроение”. – Одесса, 1997. – Т. 2. – С. 355–356.
8. *Черкез Є. А.* Кінематичні особливості геодформаційних процесів території порту Южний / Є. А. Черкез, О. Е. Чуйко, В. Ф. Орлов // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки. – 2006. – Т.11. – Вип.3. — С. 240-250.
9. *Черкез Е. А.* Инженерно-геологические условия территории Приморского бульвара в Одессе в период строительства Потемкинской лестницы (по данным изысканий 1840-х годов) / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – Київ, 2008. – № 2. – С. 11–18.
10. *Черкез Е. А.* Инженерная геодинамика оползневых склонов Одесского побережья после осуществления противооползневых мероприятий / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки. – 2013. – Том 18. – Вип. 1 (17). – С. 15-25.
11. *Шмуратко В. И.* Роль многоэтажной тектоники при инженерно-геологической оценке территории / В. И. Шмуратко // Геоэкология. –1993. – № 2. – С. 79–93.
12. *Шмуратко Валерий Иванович.* Гравитационно-резонансный экзотектогенез : монография / В. И. Шмуратко. – Одесса : Астропринт, 2001. – 332 с.: – ISBN 966-549-576-3.
13. *Cherkez, E. A.* Spatial discreteness of geoloical environment and of underground drainage constructions in Odessa, Ukraine / E. A. Cherkez, T. V. Kozlova, V. I. Shmouratko // Environmental and Safety Concerns in Underground Construction. Hi-Keunlee et al (ed). Proc. 1st Asian Rock Mechanics Symp., Seoul, Korea, 13-15 Oct. – 1997. – P. 233-238.
14. *Kozlova T. V.* High-frequency Tectogenesis and Forecasting of Engineering-Geological Processes / T. V. Kozlova, V. I. Shmouratko // Proc. of the Second International Conference on Environmental Management (ICEM2), 10-13 February, 1998, Wollongong, Australia. Edd. M. Sivakumar and R. N. Chowdhury, Elsevier, 1998. – Vol. 2. – P. 883-890.
15. *Kozlova T. V.* The wave nature of spatial-temporal changeability of deformation properties of soil and rock masses / T. V. Kozlova // 8-th International IAEG Congress, Vancouver, BC, 21-25 September 1998. – Rotterdam: Balkema, 2000. – P. 4381-4387.

REFERENCES

1. Voskoboynikov, V. M., Kozlova, T. V. (1992), “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)”, [“Primenenie geodinamicheskogo analiza i metoda obobshchennykh peremennykh dlya otsenki i prognoza ustoychivosti opolznevyykh sklonov (na primere Severnogo Prichernomor'ya)”]. *Engineering geology*, No. 6: pp. 34-49

2. Zelinsky, I. P., Kozlova, T. V., Cherkez, E. A., Shmouratko, V. I. (1997), "Engineering constructions as a research tool of tectonic step-type behaviour and activity of the geological environment. ["Inzhenernye sooruzheniya kak instrument izucheniya tektonicheskoy diskretnosti i aktivnosti geologicheskoy sredy"]", *Rock Mechanics and Basement Construction*. Odessa", Vol. 1, pp. 53-57.
3. Kozlova, T. V. (2001), "The impact of high-frequency wave tectogenesis on the development of the landslides processes", ["Vliyaniye vysokochastotnogo volnovogo tektogeneza na razvitiye opolznevykh protsessov"], *Ecology Environment and Security zhyttyedyaln.*, No.5-, pp. 20-27.
4. Kozlova, T. V., Cherkez, E. A., Shmouratko, V. I. (2013), "Engineering-geodynamic conditions of the landslide slope of the Primorsky boulevard territory in Odessa", ["Inzhenerno-geodinamicheskie usloviya opolznevoy sklona territorii Primorskogo bulvara v Odesse"], *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and geological sciences*, Vol. 18, Prod. 1, pp. 58-70. ISSN 2303-9914.
5. Budkin, B. V., Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (1998), "Geological micro-block structure and deformations in coastal zone (example of Odessa Port area)", ["Mikroblokovoie stroenie geosredy i deformatsionnye protsessy v beregovoy zone (na primere Priportovogo uchastka g. Odessy)"], *Bulletin of the Ukrainian House of Economic, Scientific and Technical Knowledge* No 2, pp. 25-27.
6. Shmouratko V. I., Cherkez E. A., Kozlova T. V., Et. al. (2013), "On the reason of ongoing deformations of the building of the Odessa opera and ballet theatre", ["O prichine prodolzhayushchikhsya deformatsiy zdaniya Odesskogo teatra opery i baleta"], *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and geological sciences*. Vol 18, pp. 38-57. ISSN 2303-9914.
7. Zelinsky, I. P., Kozlova, T. V., Cherkez, E. A., Shmouratko V. I., Et. al. (1997), "Dynamics of geological structure and problem of preservation of the Odessa Opera and Ballet Theatre". ["Podvizhnost geologicheskoy sredy i problema sokhraneniya zdaniya Odesskogo akademicheskogo teatra opery i baleta"] In: *Soil mechanics and construction foundations. Proceedings of the 3rd Ukrainian conference on soil mechanics and construction of foundations*, Odessa, vol. 2, pp. 353-355.
8. Cherkez, E. A., Tchujko, E. E; Orlov, V. F. (2006), "Kinematics features of geodeformation processes of territory of port Youzhny", ["Kinematychni osoblyvosti heodeformatsiynykh protsesiv terytoriyi portu Yuzhnyy"], *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and geological sciences*, Vol. 11, Prod. 3, pp. 240-250.
9. Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (2008), "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)", ["Inzhenerno-geologicheskije usloviya territorii Primorskogo bulvara v Odesse v period stroitelstva Potemkinskoy lestnitsy (po dannym izyskaniy 1840-kh godov)"], *Ecology Environment and Security zhyttyedyaln.*, No.2, pp. 10-23.
10. Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (2013), "Engineering geodynamics of landslide slopes of the Odessa sea coast after anti-landslide measures", [Inzhenernaya geodinamika opolznevykh sklonov Odesskogo poberezhya posle osushchestvleniya protivopolznevykh meropriyatiy] *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and geological sciences*, Vol. 18, Prod. 1, pp. 15-25.
11. Shmouratko, V. I. (1993), "Role of the multi-storey tectonics at the engineering geological estimate of an area", ["Rol mnogoetazhnoy tektoniki pri inzhenerno-geologicheskoy otsenke territorii"], *Geoecology*, No 2, pp. 79-93.
12. Shmouratko, V. I. (2001), *Gravitational-resonans exotectogenesis*. Astroprint, Odessa. – 332 p.
13. Cherkez, E. A., Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (1997), "Spatial discreteness of geoloical environment and of underground drainage constructions in Odessa, Ukraine". In Hi-Keunlee et al (ed). "Environmental and Safety Concerns in Underground Construction". Proc. 1st Asian Rock Mechanics Symp., Seoul, Korea, 13-15 Oct. 1997, pp. 233-238.
14. Kozlova, T. V., Shmouratko, V. I. (1998), "High-frequency Tectogenesis and Forecasting of Engineering-Geological Processes", Proc. of the Second International Conference on Environmental Management (ICEM2), 10-13 February, 1998, Wollongong, Australia. Edd. M. Sivakumar and R. N. Chowdhury, Elsevier, vol. 2, pp. 883-890.
15. Kozlova, T. V. (2000), "The wave nature of spatial-temporal changeability of deformation properties of soil and rock masses", 8-th International IAEG Congress, Vancouver, BC, 21-25 September 1998, Rotterdam: Balkema, pp. 4381-4387.

Поступила 10.06.2014

Є. А. Черкез, доктор геол.-мін. наук, професор
В. І. Шмуратко, доктор геол. наук, професор
Т. В. Козлова, канд. геол.-мін. наук, доцент
О. Е. Чуйко, старший викладач
кафедра інженерної геології і гідрогеології
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
decanat.ggf@onu.edu.ua, svi55@te.net.ua, ktv_onu@yahoo.com

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДИНАМІЧНА ТИПІЗАЦІЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОЇ ТЕРИТОРІЇ ДІЛЯНКИ ПРАВОБЕРЕЖЖЯ М. АДЖАЛИКСЬКОГО ЛИМАНУ

Резюме

У пропонуваній роботі обґрунтовується метод інженерно-геодинамічної типізації зсувонебезпечної території, який включає аналіз структурно-речового складу порід і інструментальних спостережень за деформаційними процесами на зсувному схилі. На основі геологічного буріння і геодезичних спостережень за поверхневими зміщеннями масиву порід схилу в період з 1981 по 2010 рр. виконана інженерно-геодинамічна типізації зсувонебезпечної ділянки правобережжя Малею Аджаликського лиману (територія Одеського припортового заводу) і виявлені можливі зони підвищеного ризику, пов'язані з сучасними інженерно-геологічними і геодинамічними процесами. Головною причиною активізації зон найбільшого інженерно-геодинамічного ризику є ієрархічно-блокова будова території, для якої характерний безперервний і диференційований характер переміщення геоблоків різного порядку.

Ключові слова: основний горизонт що деформується, деформації зсувного схилу, Малий Аджаликський лиман, інженерно-геодинамічна типізація.

E. A. Cherkez, doctor of geology, professor
V. I. Shmuratko, doctor of geology, professor
T. V. Kozlova, PhD geology, associate professor
E. E. Tchujko, senior teacher
Department of Engineering Geology and Hydrogeology
Odessa I. I. Mechnikov National University,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine
decanat.ggf@onu.edu.ua, svi55@te.net.ua, ktv_onu@yahoo.com

ENGINEERING GEODYNAMIC TYPIFICATION OF A TERRITORY PRONE TO DANGEROUS LANDSLIDES ON THE RIGHT BANK OF THE MALY AJALYK LIMAN

Abstract

The paper presents the method of engineering geodynamic typification of a territory prone to dangerous landslides. It includes the analysis of the structural and material composition of rocks and instrumental observations of deformation processes on landslide slopes. Based on

geological drilling and geodetic observations of surface displacements of rock slopes made between 1981 and 2010, we performed engineering geodynamic typification of a landslide-prone spot of the right bank of the Maly Ajalyk liman (the territory of Odessa Port Plant) and identified potentially high-risk areas associated with modern engineering-geological and geodynamic processes.

To identify possible higher-risk areas associated with modern engineering-geological and geodynamic processes, following problems were solved: maps are plotted for the surface relief topography of the main deformable horizon (Meotian deposits), as well as maps of vertical and horizontal displacements of rock slope; also, the data analysis of long-term instrumental observations was made; there were identified spatial patterns of formation and development of deformation processes.

The main reason for activation of engineering geodynamic risk zones is the hierarchical block structure of the territory, which is characterized by continuous and differentiated movements of geoblocks of various scales.

For areas of high geodynamic risk, the diagonal direction is most characteristic, which is typical of the geological structure of the territory. Closer to the bank of the liman, the diagonal network activity is "suppressed" by the meridian-aligned liman, so higher-risk areas are mostly oriented along the coast.

The patterns identified on the territory of Odessa Port Plant are characteristic of the whole Odessa region. A significant role in the formation and dynamics of landslide processes is played by micro-block structure of the geological environment. Its main elements are the inter-block zones, the zones of highest engineering geodynamic risk. Extreme velocity gradients and strains associated with differentiated movements of blocks are typical for such zones. It is those areas that create conditions worsening the stability of slopes.

Cartographic modeling results should be considered while developing and designing protective structures (landslide, drainage, etc.).

Keywords: basic deformable horizon of landslide slope deformation, the Maly Ajalyk liman, engineering geodynamic typification.