

УДК 551.131

С.Н. Шаталин, зав. уч. лабораторией моделирования инж.-геол. процессов
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

В статье рассмотрены результаты многолетних наблюдений динамики оползневых процессов и факторов их формирования в Северном Причерноморье (Одесская, Николаевская и Херсонская обл.). Приведены характеристики основных факторов формирования оползней и их изменчивости в пространстве.

Ключевые слова: оползни, экзогенные геологические процессы, геологическое строение, тектоника, абразия, эрозия, атмосферные осадки.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Северного Причерноморья оползни – один из самых распространенных экзогенных геологических процессов. Всего на территории зарегистрировано около 7,2 тыс. оползней. С 1977 г. специалистами инженерно-геологической партии ГРГП «Причерноморгеология» по 3260 оползням были проведены маршрутные обследования, а на типовых участках организованы регулярные обследования и инструментальные наблюдения (опорные стационары). Частота проявлений оползневых процессов в Северном Причерноморье одна из самых высоких на территории Украины (около $\frac{1}{4}$ всех зафиксированных оползней Украины). Оползни оказывают влияние на морфологию склонов, геологические условия, провоцируют развитие других инженерно-геологических процессов разрушительного характера, препятствуют освоению склоновых и присклоновых территорий.

Особенности геологического строения, современная тектоника, рельеф, гидрогеология региона, климат обеспечили условия благоприятствующие развитию оползней.

Оползни Северного Причерноморья развиваются в условиях сложной в геологическом отношении и изменчивой во времени природной обстановки, обладают региональными и локальными особенностями развития и находятся во взаимосвязи с другими природными процессами.

Представленные результаты исследований базируются на данных многолетних наблюдений и изучения экзогенных геологических процессов (ЭГП) на территории Северного Причерноморья, проводимых кафедрой инженерной геологии и гидрогеологии ОНУ им. И.И. Мечникова, ГРГП «Причерноморгеология» и материалах предыдущих лет исследований по данной тематике.

В результате анализа накопленных данных по распространенности факторов и их влиянию на развитие оползней в качестве основных (ведущих) можно выделить следующие [5]: структурно-геологические особенности строения массивов пород; абразионные процессы, приводящие к постоянному увеличению крутизны склона и связанное с ним перераспределение напряжений в массиве пород; эрозионные процессы – боковая, донная эрозия и не прекращающееся рельефообразование, развивающиеся на фоне неотектонических движений; гидрогеологические усло-

вия (наличие в толще пород нескольких водоносных горизонтов); техногенное воздействие. Условия формирования и интенсивность проявления оползневых процессов изменяется с северо-запада на юго-восток.

Цель работы – охарактеризовать региональные особенности основных факторов формирования оползней. **Объектом** исследований являются оползни. **Предмет** исследований – факторы формирования оползней.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ

Одной из основных особенностей геологического строения является наличие в разрезах склонов неогеновых глин, обуславливающих развитие оползневых процессов. Причем, по характеру распространения соответствуют основному деформируемому горизонту (ОДГ) - балтские (N_1bl), средне-верхнесарматские ($N_1s_2-N_1s_3$) и меотические (N_1m) глины. Согласно проведенной статистической обработке с

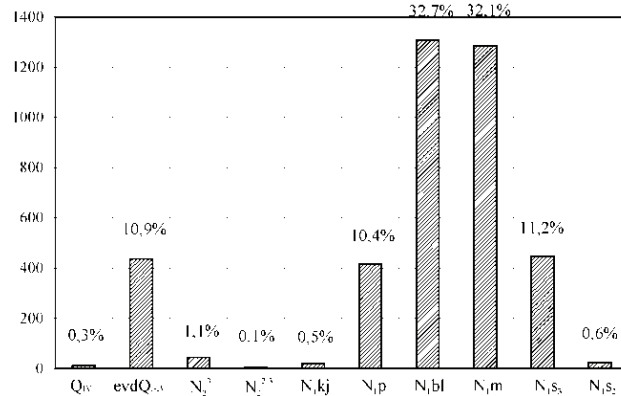


Рис. 1. Количество оползней по ОДГ

ними связано около 80% оползней (рис. 1). Остальные стратиграфические подразделения неогеновых (в отдельных случаях и четвертичных) глин выполняют роль основных деформируемых горизонтов на отдельных площадях при благоприятных местных условиях. Следующей особенностью геологического строения района является наличие прочного слоя понтических (N_1p) известняков в разрезе склонов, вносящих резкую неоднородность в распределение напряжений на склоне.

Как правило, на всей площади региона, верхнюю часть склонов слагают плейстоценовые эоловые отложения (исключением является северная окраина региона, где на дневную поверхность выходит кристаллический фундамент). Как известно, лессовидные породы обладают относительно высокой прочностью в сухом состоянии, но крайне не стабильные в условиях переувлажнения. В породах средне-верхнечетвертичного возраста зафиксировано более 800 оползней. 90% из них, это оползни-потоки (пластичные), чаще, небольших размеров, развитые в верхней части склона, не вовлекая в процесс нижележащие породы. При образовании локальных водоносных горизонтов, причиной которых, в большинстве случаев, являются техногенные факторы и наличие в плейстоценовой толще прослоев тяжелых суглинков, могут происходить блоковые смещения, формируя структурные оползни. В случае дальнейшего насыщения пород водой они могут развиваться как оползни-потоки – смещения структурно-пластичного типа.

Непосредственно под породами плейстоцена залегают красно-бурые плиоценовые глины, которые являются региональным водоупором. Хотя толща красно-бурых глин служит ОДГ всего для нескольких десятков оползней, она яв-

ляется важным фактором в формировании оползней, являясь одной из причин обводнения склонов.

Балтские отложения широко развиты в северо-западной части региона (11,3 тыс. км² или 1/7 часть территории региона) (рис. 2). В области распространения пород балтского возраста, по состоянию на 2007 г., зафиксировано 2420 (33%) оползней от их общего количества (7262) в регионе. В основном это оползни пластичные в неоднородных породах, с захватом в процесс всей высоты склона. По форме в плане глетчерообразные, с суженной горловиной или сложной конфигурации, что характерно для оползней такого типа. Пластичные в однородных породах развиты, в основном, в верхней части склона, с вовлечением в процесс пород четвертичного возраста (около 400 оползней), но встречаются и в нижней части склона в породах балтской свиты (несколько десятков оползней). Около 100 оползней структурно-пластичных, как в неоднородных так и в однородных породах. В области распространения балтских отложений на склонах высотой более 20 м не исключено развитие крупных структурных оползней, зафиксировано несколько десятков таких оползней.

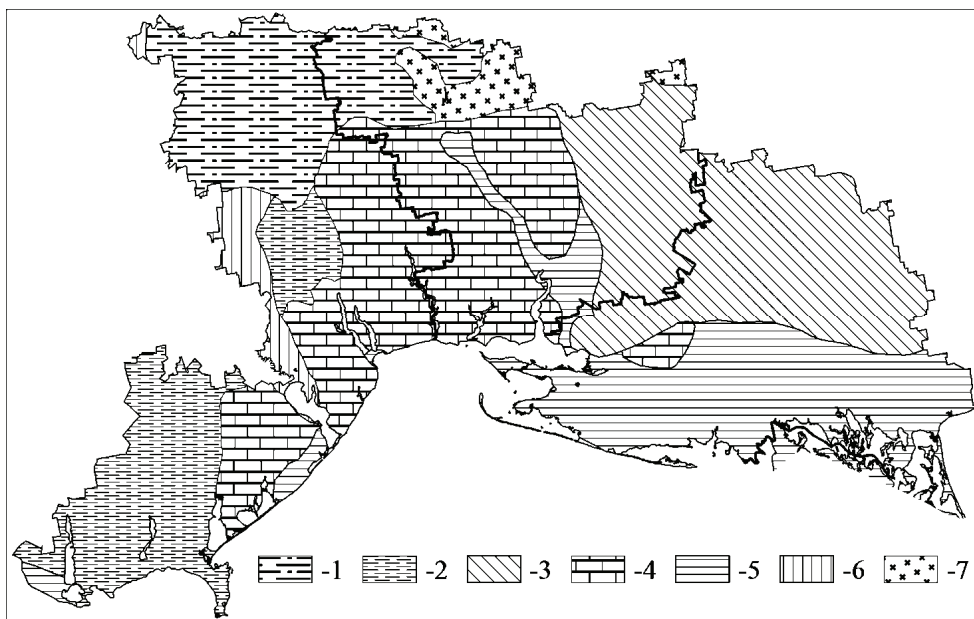


Рис. 2. Схема основных комплексов пород

1- балтские глины, пески, песчаники, известняки; 2- понтические глины, пески;
3- понтические глины с прослоями песка, известняка, мергелей; 4- понтические известняки, глины; 5- меотические глины, пески, алевриты, известняки; 6- средне-верхнесарматские глины, пески; 7- породы кристаллического фундамента.

Песчано-глинистые отложения понта получили распространение на западе и юго-западе региона (рис. 2) и служат ОДГ для более чем 600 оползней. В основном это пластичные в неоднородных породах оползни (85%). Остальные 15% - крупные структурные и структурно-пластичные.

Карбонатно-глинистые отложения понта распространены в центральной части региона (рис. 2). Здесь зафиксировано около 700 оползней. Наличие прочного слоя понтических (N_1p) известняков в разрезе склонов, вносящих резкую неоднородность в распределение напряжений на склоне. Важное значение имеет также его гипсометрическое положение на склоне, определяющее как типы оползней, так и механизм оползневой процесса, а прослой лигнитизированных глин могут служить ОДГ. Зарегистрировано несколько десятков структурных и структурно-пластичных оползней сформировавшихся за счет прослоя таких глин.

Средне-верхнесарматские песчано-глинистые отложения выходят на дневную поверхность в западной части региона в нижней части склонов эрозионной сети бассейна реки Кучурган, а так же нижнем течении рек Б. Куяльник, М. Куяльник, Тилигул (рис. 2). Толща является ОДГ для более чем 700 оползней, из которых около 400 – пластичные в неоднородных породах, около 150 это крупные структурные оползни и примерно столько же (150) структурно-пластичных.

Породы меотического возраста развиты повсеместно и обнажаются в основании склонов крупных оврагов, балок, речных долин на побережье лиманов и моря. Песчано-глинистая толща меотиса служит ОДГ для 32% (около 2300) оползней, $\frac{1}{4}$ из которых, это крупные структурные оползни побережья моря и лиманов.

Региональные водоносные горизонты приурочены, в основном, к выше рассмотренным комплексам отложений. Первый от поверхности водоносный горизонт сформировался в толще плейстоценовых лессовидных пород. Водоупором этого горизонта являются красно-бурые глины и суглинки. Интенсивность оползневых смещений в лессовых породах прогрессивно возрастает вместе с освоением территорий, главным образом, за счет подъема уровня четвертичного водоносного горизонта, вызванного техногенным обводнением прибрежной части плато, которая наиболее быстро реагирует на изменения природной обстановки. Проведенные исследования показывают, что подъем уровня грунтовых вод приводит не только к увеличению количества оползней в лессовых породах, но также к изменению их морфометрических параметров и типов от структурных к пластичным (блоковые смещения могут переходить в оползни-потоки).

Второй региональный водоносный горизонт приурочен к отложениям понтического яруса. Породы понта являются как водоупором, в случае, если они представлены глинами, так и водовмещающими породами в районах распространения и его водоупором служат меотические глины. Этот горизонт имеет безнапорный характер и распространен почти повсеместно. Как правило, в местах максимальной водообильности понтического водоносного горизонта отмечается наибольшая ширина оползневой склона и подвижность оползней.

Меотический водоносный горизонт в линзах мелкозернистых глинистых песков с напорами до 30 м взвешивающее действие которых приводит к снижению эффекта пригрузки нижней части склона на побережье моря и лиманов.

Сложившиеся гидрогеологические и инженерно-геологические условия в значительной мере предопределены геолого-геоморфологическим строением сформировавшимся в результате неоген-четвертичного тектоногенеза.

В неоген-четвертичный период наблюдалась активизация многих древних разломов, обусловленная рядом геологических признаков: равновысокое положение цоколей одновозрастных террас на различных склонах эрозионных врезов, появление в рельефе гипсометрических ступеней, резкие повороты эрозионных врезов либо, наоборот, спрямленные участки, меандры рек и т.д.

Неотектонический этап развития территории характеризуется как положительными, так и отрицательными движениями.

Современный этап характеризуется также отрицательными и положительными вертикальными движениями.

С новейшими (постпонтическими) тектоническими движениями связано формирование рельефа и проявление экзогенных геологических процессов, поскольку основная гидрографическая сеть была заложена в неоген-четвертичное время. Северная и северо-западная части территории (зона поднятия) характеризуются интенсивным развитием овражно-балочной сети, значительной расчлененностью территории на узкие, вытянутые с изрезанными склонами водораздельные пространства. В южной части территории (зона опускания) развиты более обширные равнинные, слабоэродированные водораздельные пространства, наложенные аккумулятивные террасы, широкие поймы, увеличенная мощность аллювия.

В структурно-геологическом отношении северо-западная часть территории является зоной наибольшей амплитуды неотектонических поднятий. Современные тектонические движения имеют разную направленность, воздействуя на развитие оползневых процессов через эрозию и абразию. В пределах зоны опускания (южная часть территории) и связанной с ними трансгрессией моря доминирующим видом денудаций является абразия; в пределах зоны поднятий (северная часть территории) – эрозия. Интенсивность эрозионных процессов на исследуемой территории изменяется от весьма сильной на северо-западе, до весьма слабой на юго-востоке. В этом же направлении изменяется и интенсивность проявления оползневых процессов, тесно связанных с эрозией. Региональные особенности распределения атмосферных осадков сохраняет то же направление изменчивости, а именно общим их снижением с 600 мм/год на северо-западе до 420 мм/год на юго-востоке, что четко выражено в интенсивности проявления оползневых процессов в пространстве. Во временном разрезе в многолетнем ходе осадков отчетливо выражено чередование засушливых и влажных периодов. Выпавшее увеличенное количество атмосферных осадков существенно отражается на положении уровней грунтовых вод, что приводит к развитию подтопления и увеличению влажности грунтов, вызывающее существенные изменения в их свойствах и, как следствие, росту количества оползней. Графики интенсивности проявления оползней и атмосферных осадков (ГРГП «Причерноморгеология» 1986 г.) показывают повышение интенсивности проявления оползневых процессов в отдельные годы (рис. 3).

Как показали исследования, на интенсивность оползней атмосферные осадки не оказывают прямого влияния [1], воздействуя опосредовано через повышение уровня грунтовых вод и увеличение водообильности водоносных горизонтов. В основном в северо-западной части территории, в силу особенностей геологического строения, большего количества атмосферных осадков, изрезанностью территории густой эрозионной сетью, обеспечивающей быструю инфильтрацию вглубь массива пород.

Характер выпадения атмосферных осадков, их количество, сезонность в сочетании с морфологией дневной поверхности, неотектоническими вертикальными движениями и геологическим строением (наличие легкоразмываемых лессовых и песчаных пород), оказывают основное влияние на развитие эрозионных процессов.

Нельзя оставить без внимания и такой фактор, как сейсмическое воздействие на грунтовый массив склонов. Большая часть территории находится в 6-ти бальной зоне (по данным ОСР-81г), и в 7 бальной – по данным сейсмического районирования Северной Евразии (СРСЕ), а юго-западная часть к 7 (ОСР-81) и 8 бальной

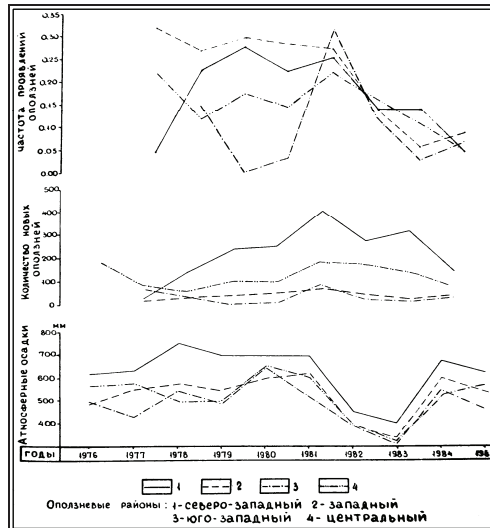


Рис. 3. Графики интенсивности проявления оползней и атмосферных осадков

(СРСЕ). Сейсмичность региона, в значительной мере, определяется наличием глубоких очагов в массиве гор Вранча, соответственно основное направление сейсмического воздействия (сейсмической волны) будет от этой зоны ВОЗ. Анализ проводился за наиболее активный в сейсмическом отношении период (1978-1991 гг.). В рассмотренный период произошло около 680 сейсмических событий с магнитудой более 3. Были рассмотрены такие показатели как: общее направление сейсмической волны, угол подхода сейсмической волны к оползневому склону с учетом преломления, направление эрозионной сети (рис. 4), общий показатель сейсмической активности (по годам), количество возникших оползней (по годам) [4].

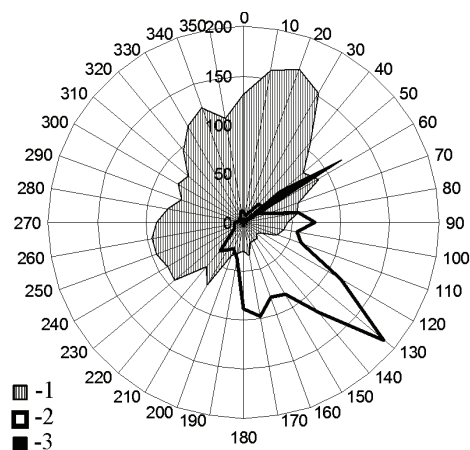


Рис. 4. Диаграмма формирования оползней на склонах различной направленности относительно направления развития эрозионной сети и сейсмических волн от ВОЗ Вранча.

1 – количество оползней; 2 – направление развития эрозионной сети;
3 – направление сейсмических волн

Исследования показали, что в 2–3-х летние периоды постоянного нарастания сейсмичности растут и общее количество оползней (рис. 5). В годы пиковых значений сейсмической активности увеличение общего количества оползней происходит по всему спектру основных аспектов склонов (рис. 6), в том числе, и на склонах, находящихся в зоне сейсмической тени, а именно – противоположном направлению сейсмической волны (с углом подхода 180°). В периоды затухания сейсмической активности (так же 2-3 года) количество оползней на склонах постепенно уменьшается – без явного преобладания «нетипичных» направлений.

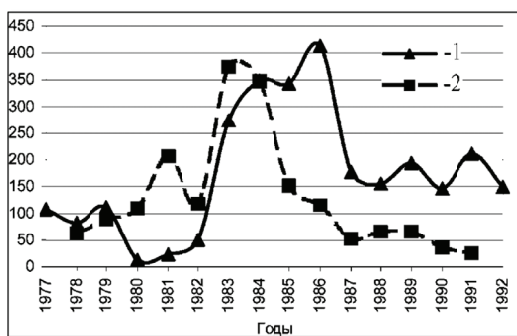


Рис. 5. Количество оползней и интенсивность сейсмических событий.
1 – сейсмическая активность;
2 – количество оползней.

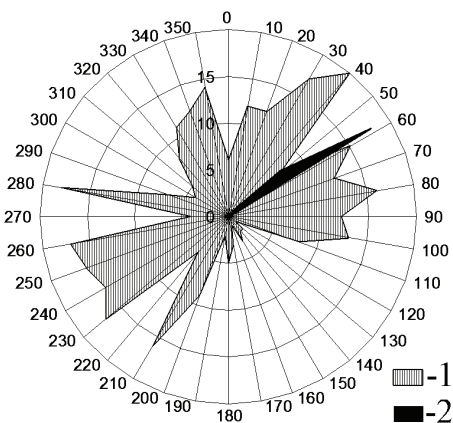


Рис. 6. Диаграмма количества оползней произошедших в 1984 г. и направления сейсмической волны.
1 – количество оползней;
2 – направление сейсмических волн

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

- нарастание сейсмической активности на протяжении нескольких лет приводит к некоторому росту количества оползней;
- значительные сейсмические события ускоряют процесс на склонах всех направлений, явного преобладания процесса на склонах совпадающих с направлением сейсмической волны не выявлено;
- непосредственное оползание пород только лишь за счет сейсмического толчка маловероятно, землетрясение лишь ускоряет процесс на уже «подготовленных» склонах за счет основных факторов характерных для условий Северного Причерноморья [4].

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ МОРЯ

1. Оползневые процессы на побережье Черного моря распространены на тех участках, где в основании берегового уступа залегают неогеновые глины. При расположении в уступе плато лессовидной толщи, на участках погружения неогеновых пород под уровень моря, оползневые процессы отсутствуют, хотя высота уступа

нередко достигает 25 м. Лишь при появлении в береговом разрезе неогеновых глинистых отложений возникают оползни.

2. Берега Северного побережья Черного моря сложены осадочными породами невысокой прочности (за исключением слоя понтического известняка), что способствует интенсивному формированию оползней. Однако, распределение напряжений в породах склона, механизм оползневого смещения, положение поверхности скольжения и морфология оползней в значительной степени определяются особенностями геологического строения: абсолютной величиной и соотношением прочностных и деформационных характеристик слагающих склоны горных пород и их высотным положением относительно склона. Наиболее значительную неоднородность в свойствах грунтов вносят два слоя: понтического известняка, отличающийся по прочностным и деформационным характеристикам от вмещающих глинистых пород на один-два порядка (прочный слой); лигнитизированных глин и мелкозернистых песков с напорными водами, прочностные характеристики которого почти на порядок ниже показателей вмещающих мезокайнозойских глин (слабый слой).

3. Особенности геологического строения оползневых склонов северного побережья Черного моря (наличие прочных и слабых слоев) в условиях непрекращающихся процессов абразии является ведущим фактором возникновения и развития оползней. В зависимости от высотного положения слоя понтического известняка в разрезе и его прочности формируются оползневые склоны различной морфологии: блоковые большой протяженности (известняки обладают малой прочностью), блоковые двухъярусные (известняки высокой прочности залегают в средней части склона), блоковые малой протяженности и высокой крутизны (известняки выходят в нижней части склона на урзу моря).

4. Слои пониженной прочности, залегающие в толще мезокайнозойских глин, способствуют возникновению оползней, играя роль подготовленных поверхностей смещения. Зона формирования поверхности смещения оползней выдавливания чаще всего приурочена к линзам водонасыщенных глинистых песков и лигнитизированным прослоям. Наличие органического вещества (гумус, лигнит) даже в небольших количествах, вследствие его высокой гидрофильности, придает песчаным грунтам пластические свойства, увеличивает их влагоемкость, не позволяет реализоваться внутреннему трению и приводит к проявлению ползучести в ослабленных прослоях. Обычно количество прослоев в пределах участка не превышает 3 – 4 и по глубине они распределены неравномерно. Большинство поверхностей смещения глубоких оползней выдавливания расположено на глубинах от -8 до -14 м, что свидетельствует об их приуроченности к ослабленным зонам литогенетической природы.

5. Основной причиной нарушения устойчивости прибрежных склонов является морская абразия, которая создает и непрерывно возобновляет условия для проявления оползневых процессов. Интенсивность процессов абразии различна для разных участков побережья и зависит от литологического состава оползневых накоплений, слагающих береговой обрыв; уровня моря, направления и интенсивности волнения; состава, направления и мощности потока наносов; хозяйственной деятельности человека. На скорость абразии, также влияют состав, размеры и динамика пляжей. В зависимости от их ширины полностью или частично гасится энергия волн.

6. Типичные для побережья Черного моря гидрогеологические условия обусловлены геологическим строением склонов. Влияние подземных вод (наличие в толще пород трех водоносных горизонтов) на нарушение устойчивости оползневых склонов связано с изменением напряженного состояния и прочности пород:

а) при наличии водоносного горизонта в лессовых породах возникают фильтрационные силы, которые приводят к увеличению горизонтальных и касательных напряжений и общему снижению устойчивости верхней части склона на 8-12%. В общем балансе удерживающих и сдвигающих сил наиболее существенное влияние в снижении устойчивости прибрежной части плато оказывает снижение прочности лессовых пород;

б) в местах максимальной водообильности понтического водоносного горизонта отмечается наибольшая ширина оползневого склона и подвижность оползневых накоплений. Происходит «растекание» грунтов оползневой «террасы» из-за избыточного увлажнения и снижения характеристик прочности пород. Зонай дренирования четвертичного и понтического водоносных горизонтов является поверхность смещения.

в) водоносный горизонт в линзах мелкозернистых глинистых меотических песков встречен при бурении разведочных скважин на глубинах от 1 до 27 м ниже уровня моря. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности меотического водоносного горизонта в большинстве случаев не совпадают с уровнем моря, что свидетельствует об отсутствии постоянной гидродинамической связи вод этого горизонта с морскими и позволяет сделать допущение о профиле и латеральной изолированности большинства водосодержащих линз и прослоев. Взвешивающее действие напорных вод, играет определенную роль в нарушении общей устойчивости оползневого склона в результате снижения эффекта пригрузки, особенно в нижней части склона [3].

ВЫВОДЫ

Интенсивность проявлений оползневых процессов в Северном Причерноморье одна из самых высоких на территории Украины (около $\frac{1}{4}$ всех зафиксированных оползней Украины). Всего на территории зарегистрировано около 7,2 тыс. оползней, различных типов и морфологии. Интенсивность оползневых процессов уменьшается с северо-запада на юго-восток в направлении максимальной изменчивости структурно-геологических особенностей территории, количества осадков, интенсивности эрозионных процессов и гидрогеологических условий. Наиболее подвержены оползням северо-западные территории региона и морского побережья. На северо-западе региона в основном развиты оползни пластического типа (оползни-потоки). Основными факторами их формирования являются эрозионная подработка склонов, сложенных легкоразмываемыми породами и негативные изменения гидрогеологических условий. На побережье моря и лиманов, в основном развиты крупные блоковые оползни глубокого заложения, определяющими факторами которых являются процесс абразии и наличие в толще меотических глин прослоев пониженной прочности [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова // – М.: Недра, 1972. - 308 с.
2. Зелинский И. П. Оползни северо-западного побережья Черного моря, их изучение и прогноз. / И. П. Зелинский, Б.А. Корженевский, Е.А. Черкез и др. // К.: Наукова думка. – 1993. – 228 с.
3. Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы): в 2 т. / под ред. Г.И. Рудько / Е.А. Черкез, С.Н. Шаталин Закономерности развития оползневых процессов на территории Северного Причерноморья. – Черновцы: Букрек, 2012 – т.2.– С.232–340.
4. Черкез Е.А. Влияние сейсмического воздействия на активизацию оползней.(На примере оползней северо-западных районов Одесской и Николаевской областей). / Е.А. Черкез, С.Н. Шаталин, А.В. Фесенко // Матеріали II науково-технічної конференції «Сучасні небезпечні геологічні процеси. Вплив на довкілля Нові технології прогнозування та захисту». – Київ : НПЦ «Екологія. Наука. Техніка» тов.-ва «Знання» Україна – 2004. С.61-64
5. Шаталін С.М. Особливості розповсюдження зсувів на території Одеської області / С.М. Шаталін // Вісник Одеського Національного університету ім. І.І. Мечникова. – Одеса: Астропрінт, 2001. - т. 6. - вип. 9. - географічні та геологічні науки. - С. 156-164.

Статья поступила в редакцию 06.07.2013

Шаталін С.М.,

зав. уч. лабораторії моделювання інж.-геол. процесів
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

РЕГИОНАЛЬНИ ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ЗСУВІВ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

В статті розглянуті результати багатолітніх спостережень динаміки зсувних процесів і чинників їх формування в Північному Причорномор'ї. Приведені основні характеристики особливостей формування зсувів і їх мінливості в просторі.

Ключові слова: зсуви, екзогенні геологічні процеси, геологічна будова, тектоніка, абразія, ерозія, опади.

Shatalin S.N.,

the chef of educational geological modeling laboratory
I.I. Mechnikov Odessa national university

THE REGIONAL CAUSES OF LANDSLIDES IN THE NORTH PARTS OF THE BLACK SEA REGIONS

The present article reviews the results of long-term supervisions of dynamics of landslides processes and factors of their forming are considered in North of Black Sea region. Basic descriptions of features of forming of landslides and their changeability are resulted in space.

Keywords: landslides, exogen geological processes, geological structure, tectonics, abrasion, erosion, atmospheric fallout