

#### РАЗДЕЛ 4.

### ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ.

### ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ.

### ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.444,131.1.

#### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СО СЛОЖНЫМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА)

*Вахрушев Б. А., Ковригин А. И., Хомич И. Н.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,  
г. Симферополь, Российская Федерация*

*E-mail: vakhb@inbox.ru, akovrigin@gkksq.yaconnect.com, homich@gkksq.yaconnect.com*

Крымский полуостров отличается широким разнообразием геоморфологических, гидрологических и инженерно-геологических условий закономерно приуроченных к его основным геолого-структурным зонам. В следствии этого они закономерно сменяются с севера на юг и с запада на восток. Однако, локальные участки в их пределах могут иметь условия, значительно отличающиеся от региональных. В статье рассмотрен участок ЮБК в пределах пгт Гурзуф отличающийся сложным сочетанием эрозионных, обвально-осыпных, оползневых и гидрогеологических процессов и явлений. При их изучении использован комплекс геоморфологических и инженерно-геологических методов. Изучены красноцветные глины, заполняющие трещины и каверны в известняках массива Болгатур. Их сравнение с подобными глинами пещеры Таврида (Внутренняя гряда) показало отсутствие идентичности их минералогических комплексов. Данный факт позволил исключить Южный берег Крыма как область сноса глинистого заполнителя пещер Внутренней гряды Крымских гор, в том числе и пещеры Таврида.

**Ключевые слова:** локальный участок, геоморфологические инженерные изыскания, Южный берег Крыма, строительство, оползень.

#### ВВЕДЕНИЕ

Крымский полуостров отличается широким разнообразием геоморфологических, гидрологических и инженерно-геологических условий закономерно приуроченных к его основным геолого-структурным зонам. В следствии этого они закономерно сменяются с севера на юг и с запада на восток.

По этим признакам в Крыму достаточно четко выделяются инженерно-геологические области и районы со свойственным им набором геоморфологических процессов, литолого-стратиграфических комплексов, гидрогеологических и сейсмических условий: Главная гряда Крымских гор, куэстовое Предгорье, Южный берег Крыма (ЮБК), Центрально-Крымская равнина с Присивашской низменностью, Таранкутский и Керченский полуострова [2].

В последние годы в Крыму интенсивно развивается гражданское, промышленное,

гидротехническое, дорожно-транспортное и другое инфраструктурное строительство, охватывающее не только крупные территории, но и достаточно небольшие, локальные участки, имеющие определенные отличия от общерегиональных.

В связи с этим, геоморфологические и инженерно-геологические исследования в их пределах будут иметь, в каждом конкретном случае, свою специфику.

В данной статье в качестве примера рассматриваются особенности геоморфологических и инженерно-геологических изысканий локального участка Южного берега Крыма в пределах пгт. Гурзуф. (рис. 1).

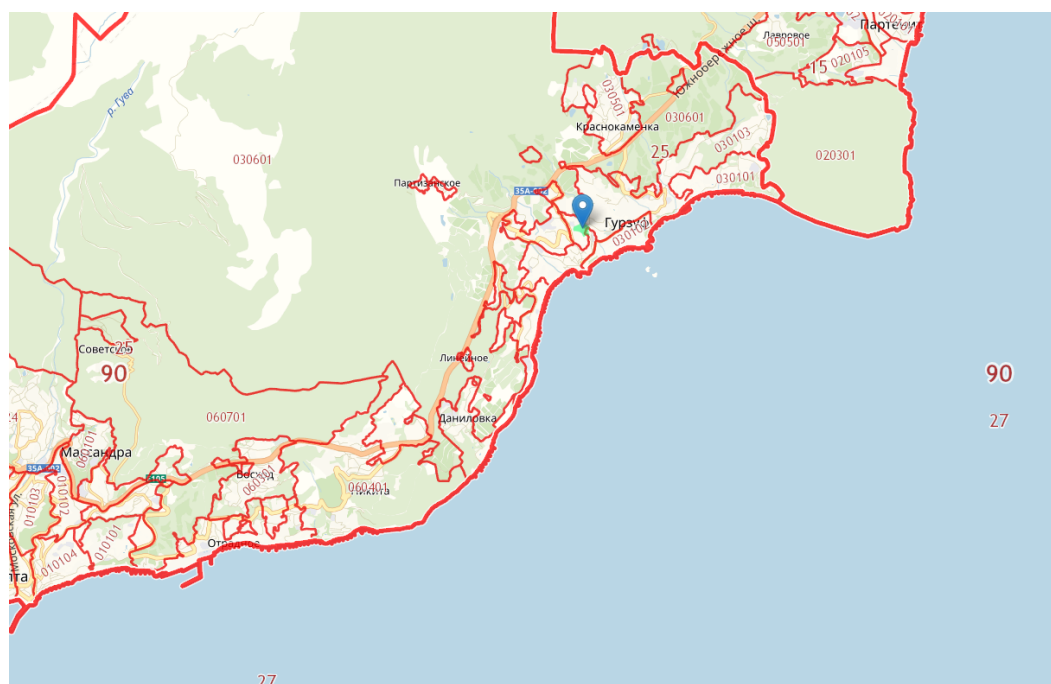


Рис. 1. Схема расположения района исследований.

Участок имеет площадь 33 427 м<sup>2</sup> и будет использован под новое строительство жилых зданий, относящихся ко II классу сооружений (ГОСТ р2775-2019).

Южнобережный район располагаясь на южных приморских склонах Главной горной гряды и отличается интенсивным эрозионным расчленением, широким развитием смещенных известняковых массивов, деляпсивных и детрузивных оползневых форм, обвально-осыпных явлений, активно развиты селевые и абразионные процессы. Район относится к сейсмоопасным, с землетрясениями интенсивностью более 9 баллов [5].

Склоны в пределах ЮБК чаще всего находятся в состоянии предельного равновесия. Их уклоны на отдельных участках достигают 40 и более градусов. В литологических комплексах широким развитием пользуются элювиально-

делювиальные, оползневые и пролювиально-аллювиальные отложения, причем мощность оползневых отложений может достигать 100 м.

Коренные породы средней юры и Таврической серии представлены конгломератами, песчаниками, глинистым флишем и др. подвержены интенсивному выветриванию. Использование перечисленных отложений в качестве основания для сооружения требуют особого подхода и выбора определенных методик изучения в каждом конкретном случае.

Гидрологические условия района также имеют свою специфику. Более или менее выдержанные горизонты грунтовых вод встречаются в долинах рек. Весь комплекс рыхлых четвертичных отложений не имеет единого водоносного горизонта, области питания как правило совпадают с областями транзита и разгрузки, и это, вместе с неглубоким залеганием 1,5-7 метров, может приводить к локальному подтоплению. Имеется большое количество источников, как связанных с карстовыми водами яйлинских массивов, так и с местными водосборами.

В геоморфологическом отношении локальный участок, выбранный для исследований, приурочен к правому борту и тальвегу долины реки Хоста. Участок находится в пределах оползневого склона четвертичного возраста, средней крутизны, юго-восточной экспозиции, и расположен у юго-восточного подножья горы Болгатур. Территория изысканий несколько раз подвергалась значительным перепланировкам, ввиду этого участок приобрел террасированный вид. Абсолютные отметки поверхности земли, по данным высотной привязки устьев скважин, изменяются от +72,85 м. до +121,45 м.

Одним из факторов развития оползневых процессов в пределах изучаемого участка является разгрузка подземных вод известнякового массива Болгатур в четвертичные склоновые и пролювиальные отложения. Кроме того, были изучены красноцветные глины, выполняющие трещины и каверны верхнеюрских известняков массива на предмет сравнения с глинистым заполнителем пещеры Таврида, располагающейся на Внутренней гряде Крымских гор. По одной из версий, область сноса красноцветных глин пещеры Таврида и других полостей района находилась в пределах Южного берега Крыма, а их источником являлись коры выветривания интрузивных массивов и отложения массандровской свиты с включениями крупных блоков верхнеюрских известняков. Сравнение глинистых минералов и полуторных окислов металлов, заполняющих пещеру Таврида и трещины и каверны известнякового массива Болгатур, показало отсутствие идентичности их минералогических комплексов. Анализ минерального состава распространенных в пещере красноцветных глин показал, что основными минералами в них являются железный монтмориллонит и гидрослюды. Наиболее богаты железным монтмориллонитом (до 70 %) слоистые кирпично-красные глины (такая окраска обусловлена структурной примесью трехвалентного железа в этом минерале, изоморфно замещающим алюминий). Железные монтмориллониты совершенно не характерны для элювия карбонатных толщ Главной гряды и известняковых массивов ЮБК в т.ч. массива Болгатур, поскольку их основные генетические механизмы образования – гальмиролиз вулканических пеплов и

выветривание пород основного состава [7]. Данный факт позволил исключить Южный берег Крыма как область сноса глинистого заполнителя пещер Внутренней гряды Крымских гор, в том числе и пещеры Таврида.

В соответствии с районированием территории по воздействию климата на технические изделия и материалы (СП 131.13330.2012, ГОСТ 16350-80, Схема климатического районирования СНиП 23-01-99), рассматриваемая территория относится к умеренно теплой с мягкой зимой – к IV-Б климатической зоне. Влияние моря определяет климатические условия. Климат района субсредиземноморский жаркий, засушливый, с умеренно-теплой зимой.

Главные климатические показатели данного района по обобщенным данным метеорологических исследований следующие: -среднегодовая температура воздуха +12,5°C; -средняя температура июля +23,3°C; -средняя температура января +3,4°C; -заморозки первые осенние – 1-я декада декабря; -заморозки последние весенние – середина марта; -безморозный период – 240 дней; -сумма осадков, мм: -среднегодовая норма осадков – 471,4; -в период с температурой выше 10° С – 214. Коэффициент увлажнения: В.В. Докучаева – 0,75; Г.Н. Высоцкого – 0,46.

Техногенная нагрузка, непосредственно на участке изысканий обусловлена наличием различных надземных и подземных коммуникаций, а также близостью к местной автодорожной сети.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В геологическом строении площадки изысканий по результатам буровых работ, совокупности характерных признаков генезиса, особенностей литологического состава, а также математической обработки результатов лабораторных исследований на исследуемом участке до глубины 41,0 м выделено пять структурно-генетических комплекса (СГК) и пять инженерно-геологических элемента (ИГЭ) в их пределах.

**СГК-I – Техногенные образования голоцена ( $tQ_h$ )**

**Слой Н –  $tQ_h$**  – Насыпной грунт: суглинок светло-коричневого цвета с включением строительного мусора (куски бетона, битый кирпич, битое стекло), в пределах автомобильных проездов перекрыт асфальтом и дресвяной подсыпкой.

**СГК-II - Делювиально-пролювиальные образования верхнего неоплейстоцена-голоцена ( $dpQ_N^3 Q_h$ )**

**ИГЭ-1** – Дресвяный грунт из дресвы, щебня и мелких глыб известняка, аргиллита и песчаника, неоднородный, средней степени водонасыщения с легким, твердым, суглинистым заполнителем серого, местами коричневого цвета.

**СГК-III - Оползневые и коллювиальные образования верхнего неоплейстоцена ( $dp, cQ_N^3$ )**

**ИГЭ-2** – Суглинок дресвяный с дресвой и щебнем аргиллита, алевролита и песчаника, а также глыбами известняка, коричневого, местами бурого цвета, легкий, твердый.

**СГК-IV – Оползневые образования верхнего неоплейстоцена ( $dpQ_N^3$ )**

**ИГЭ-3** – Суглинок дресвяный, темно-серого цвета, легкий, твердый с пачками

аргиллита ненарушенной структуры.

**СГК-V – Породы Таврической серии (Тз-J<sub>1</sub>)**

**ИГЭ-4а** – Суглинок дресвяный, темно-серого, местами черного цвета, легкий, твердый. (Элювий пород Таврической серии представленный аргиллитом с редкими прослоями до 10-15 см. алевролита и песчаника).

**ИГЭ-4** – Суглинок дресвяный, тёмно-серого, местами черного цвета, легкий, полутвердый (породы Таврической серии представлены аргиллитом с редкими прослоями до 10-15см. алевролита и песчаника).

Согласно ГОСТ 25100-2011 и ГОСТ 20522-2012, стратификация разреза произведена с учетом геоморфологических и литологических признаков – (сопоставление отложений с гипсометрией денудационных уровней), а также по минерально-петрографическому и гранулометрическому составу, принимая во внимание условия образования, состояния (плотности, структуры, влажности, степени выветрелости и трещиноватости) и механических свойств грунтов.

По данным архивных материалов, результатам полевых работ и математической обработки результатов лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, до глубины 41,0 м, в пределах СГК III-V выделено пять инженерно-геологических элемента (ИГЭ-1, 2, 3, 4а, 4). Физические свойства грунтов ИГЭ 1, 2, 3, 4а, 4 изучались лабораторными методами в геотехнической лаборатории ООО «КРЫМСПЕЦГЕОЛОГИЯ».

Нормативные и расчетные характеристики прочностных и деформационных свойств грунтов ИГЭ-1, 2, 3, 4а, 4 приведены в «Сводной инженерно-геологической таблице с нормативными и расчетными значениями показателей свойств грунтов» (табл. 1). Район работ приурочен к южному макросклону Главной гряды Крымских гор. По гидрогеологическому районированию относится к провинции Г – мегантиклинорий горного Крыма. Гидрогеологическая область IX – ядра антиклинальных поднятий (сложены водоупорными породами Таврической серии и средней юры).

В пределах района исследований первыми от поверхности залегают грунтовые воды локальных водоносных комплексов в неоплейстоцен-голоценовых оползневых, делювиальных, делювиально-пролювиальных и коллювиальных отложениях.

Данные водоносные горизонты распространены в пределах южного берега Крыма в виде отдельных потоков на разных уровнях от поверхности земли. Водовмещающими являются, щебенисто-дресвяные отложения с суглинистым и супесчаным заполнителем и оползневые массивы и блоки. Мощность отложений от 2-5 до 30 м, обводненных зон – от 0,2-0,3 до 8-16м. Водообеспеченность низкая. Дебиты источников 10,36-247,1 м<sup>3</sup>/сут, коэффициенты фильтрации изменяются в пределах 1-18,9 м/сут. Региональным водоупором данного комплекса являются отложения Таврической серии.

Формирование комплекса происходит за счет трещино-карстовых вод известнякового оползневого массива Болгатур входящего в комплекс Масандровской свиты и инфильтрации атмосферных осадков. Движение воды направлено в сторону русла реки Хаста.

Таблица 1.  
Сводная инженерно-геологическая таблица физико-механических свойств грунтов

Индекс генезиса и возраст грунта	номер слоя	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2011	Нормативные значения											Расчетные значения						Классификация грунта согласно таб. 1.1 ГОСТ 81 02-01-2017								
			Р <sub>к</sub>	D <sub>рк</sub>	w	I <sub>пр</sub>	I <sub>т</sub>	I <sub>с</sub>	S <sub>r</sub>	ε	E <sub>0</sub>	Модуль деформации, МПа/(с/см <sup>3</sup> )		E <sub>в</sub>	C	φ	γ <sub>н</sub>	γ <sub>д</sub>	γ <sub>с</sub>		γ <sub>п</sub>	γ <sub>н</sub>	C <sub>т</sub>	C <sub>п</sub>				
												природная влажность, д. ед.	число пластичности, д. ед.												показатель текучести, д. ед.	степень вязкости д. ед.	коэффициент пористости, д. ед.	ест.
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21											
1	2	3																										
Q <sub>ф</sub>	H	Насыпной грунт: суглинок светло-коричневого цвета с включением строительного мусора (куски бетона, битый кирпич, битое стекло).	2,17	1,89	0,156	0,117	<0	-	-	27,8	27,8	(27,8)	-	0,0162	26	21,16	21,07	0,0162	0,0108	0,0162	0,0108	0,0162	0,0108	0,0162	0,0108	26	23	35-г
φ <sub>р</sub> Q <sub>N</sub> <sup>3</sup>	1	Древесный грунт из дресвы, щебня и глыб известняка, аргиллита и песчаника, неоднородный, средней степени водонасыщения с легким, твердым, суглинистым заполнителем серого, местами коричневого цвета.	2,15	1,95	0,106	0,109	<0	0,677	0,385	27,3	25,7	(27,3)	(25,7)	0,0430	26	20,94	20,87	0,0430	0,0286	0,0430	0,0286	0,0430	0,0286	0,0430	0,0286	26	23	14/16-б
φ <sub>р</sub> cQ <sub>N</sub> <sup>3</sup>	2	Суглинок древесный с дресвой и щебнем аргиллита, алевролита и песчаника, а также глыбами известняка, коричневого, местами бурого цвета, легкий, твердый.	2,14	1,91	0,120	0,115	<0	0,717	0,401	24,0	20,6	(24,0)	(20,6)	0,0457	25	20,87	20,81	0,0457	0,0305	0,0457	0,0305	0,0457	0,0305	0,0457	0,0305	25	22	35-г/16-б
φ <sub>р</sub> Q <sub>N</sub> <sup>3</sup>	3	Суглинок древесный, темно-серого цвета, легкий, твердый с пачками аргиллита неповрежденной структуры.	2,18	1,96	0,111	0,111	<0	0,757	0,376	25,9	22,7	(25,9)	(22,7)	0,0467	21	21,20	21,11	0,0467	0,0313	0,0467	0,0313	0,0467	0,0313	0,0467	0,0313	20	19	35-г
eΓ <sub>3</sub> -J <sub>1</sub>	4а	Суглинок древесный, темно-серого, местами черного цвета, легкий, твердый. (Эловый пород Таврической серии представленный аргиллитом с редкими прослоями до 10-15см. алевролита и песчаника).	2,13	1,87	0,140	0,108	<0	0,835	0,447	28,2	27,1	(28,2)	(27,1)	0,0410	26	20,73	20,64	0,0410	0,0273	0,0410	0,0273	0,0410	0,0273	0,0410	0,0273	26	23	3-а
Γ <sub>3</sub> -J <sub>1</sub>	4	Суглинок древесный, темно-серого, местами черного цвета, легкий, твердый. (Порода Таврической серии представлены аргиллитом с редкими прослоями до 10-15см. алевролита и песчаника).	2,12	1,91	0,113	0,091	<0	0,679	0,426	27,6	26,0	(27,6)	(26,0)	0,0424	25	20,63	20,52	0,0424	0,0282	0,0424	0,0282	0,0424	0,0282	0,0424	0,0282	26	23	3-а

Примечание:

1. Под чертой приведены данные для замоченных грунтов.
2. Расчетные значения показателей грунтов (E<sub>0</sub>, C, φ) для крупнообломочных грунтов определены в соответствии с Методикой обоснования прочностных и деформационных характеристик крупнообломочных грунтов Крыма по данным определения их физических свойств, ГИИНИЗ, Симферополь, 1979.
3. Физико-механические показатели для грунтов слоя H носят ознакомительный характер, в силу неоднородности грунтов.

Ввиду того, что в геологическом разрезе изучаемого района отсутствуют выдержанные водоупорные слои, выделить отдельные водоносные горизонты невозможно.

Обводненные породы условно отнесены к одному водоносному горизонту, который не выдержан по мощности, имеет разнообразный литологический состав водовмещающих пород, различные фильтрационные характеристики, химический состав и глубину залегания уровня подземных вод.

По результатам химических анализов подземные воды преимущественно пресные и слабоминерализованные, с минерализацией 0,6-1,7 г/л, реже, солоноватые, с минерализацией более 5 г/л, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевого и сульфатно-гидрокарбонатно-натриевого.

По содержанию сульфатов, подземные воды преимущественно слабоагрессивные и неагрессивные по отношению к портландцементам и неагрессивные к шлакопортландцементам и сульфатостойким цементам.

**В сейсмическом отношении** участок изысканий относится к сейсмически опасным районам. В соответствии с картой ОСР-2015-А и СП 14.13330.2018, фоновая (средняя) сейсмичность участка для уровня риска «А» составляет 8 баллов при повторяемости 1 раз в 500 лет с вероятностью 0,90 не превышения этой величины в ближайшие 50 лет.

Для оценки ожидаемого сейсмического воздействия на площадки исследований уточнена исходная сейсмичность. Согласно результатам теоретических расчетов, значение исходной сейсмичности для объекта исследования на основе ПМО «ВОСТОК-2003» составляет  $I=8,17$  балла. По результатам проведения инженерно-геофизических исследований уточнена сейсмичность участка изысканий методом сейсмических жесткостей [6]. Расчетная сейсмичность участка для уровня риска «А» (ОСР-2015), с учетом максимального приращения сейсмической интенсивности (0,02), с учетом уточненной сейсмической интенсивности составляет 8 баллов.

**Подтопление и затопление:**

Участок исследований, в пределах тальвега реки Хаста, относится ко II области (по наличию процесса подтопления – потенциально подтопляемые), к II-A2 району (по условиям развития процесса – потенциально подтопляемые в результате экстремальных природных ситуаций (в многоводные годы, при катастрофических паводках), к II-A2-1 участку (по времени развития процесса – периодическое быстрое повышение уровня). В пределах склонов исследуемая территория относится к III области (по наличию процесса подтопления – неподтопляемые), к III-B1 району (по условиям развития процесса – неподтопляемые в силу неосвоенности территории). Учитывая потоко-струйчатый характер водоносного горизонта в пределах склонов и искусственных террас, возможно вскрытие подземных вод при разработке котлованов и выполнении подрезок.

Затопление территории происходит на неканализованном участке русла реки, из-за его засоренности, в северо-восточной части участка при интенсивном выпадении значительного количества осадков.

**Эрозионные процессы.**

Эрозионные процессы, в пределах участка изысканий хорошо выражены из-за высоких уклонов поверхности. Преимущественно они выражены в пределах свободных от застройки зон в виде неглубоких, сглаженных промоин и открытой, лишенной почвенного покрова, поверхностью земли. Кроме того, эти процессы проявляются по руслу реки Хаста: боковая эрозия с расширением русла и глубинная – с углублением ее дна.

Причина их возникновения заключается в не зарегулированном поверхностном стоке в пределах склонов и поднятие уровня воды в реке при интенсивном выпадении атмосферных осадков.

**Склоновые процессы** в пределах участка изысканий и прилегающей территории, представлены современными оползнями и осыпями. Они являются основными негативными инженерно-геологическими процессами рассматриваемой территории. Исследование их состояния является основной в оценке инженерно-геоморфологической опасности освоения локального участка.

Согласно исследований противооползневого управления г. Ялта, на исследуемой территории находятся оползни №351, 352 и 1150, согласно Кадастра оползней Крыма, а также локальный оползневой очаг.

**Оползень №351 «База геологов».** Данный оползень занимает юго-восточную часть территории пансионата. Причина его возникновения – эрозия и переувлажнение грунтов в нижней части оползневого тела. Направление движения, в активную фазу, - с юго-запада на северо-восток. Длина оползня по оси движения достигает 180м, при ширине – до 100м. Головная часть оползня фиксируется на высотных отметках 110-120м, тогда как базис разгрузки – на отметках +55-65м. С 1965г оползень активности не проявлял.

При обследовании оползня, на данном этапе изысканий, новых деформаций не выявлено.

Старые деформации прослеживаются и по правому борту в пределах здания столовой, как по полу так и на стенах, в виде продольных трещин-растяжения с шириной раскрытия до 4-5мм с оседанием до 3-5мм.

Базис разгрузки оползня приурочен к руслу р. Хаста, которое на сопредельном с исследуемым участке канализировано.

**Оползень №352 «База геологов».** Данный оползень занимает центральную часть территории пансионата. Причина его возникновения и направление движения в активную фазу – аналогичны оползню №351. Длина оползня по оси движения достигает 170м, при ширине – до 70м. Головная часть оползня фиксируется на высотных отметках +155м, тогда как базис разгрузки – на отметках +78-80м.

При обследовании оползня, на данном этапе изысканий, новых деформаций не выявлено.

Головная часть оползня, в виде слабо выраженной ступени, расположена в пределах высотных отметок +113-116 м над уровнем моря. В этой части склон искусственно террасирован, повторяя природную оползневую поверхность. Террасы закреплены подпорными стенами из известнякового бута. На подпорных стенах прослеживаются не только деформации, свидетельствующие о естественном износе,



но и вертикальные трещины растяжения с раскрытием до 2-3 см и горизонтальным смещением до 1-1,5 см. В центральной части подпорной стены выявлена деформация в виде вертикальной трещины на стыках бута с раскрытием до 4-5 см.

На теле оползня повсеместно прослеживаются последствия суффозионных процессов, сопровождающихся выносом грунта из-под основания существующих сооружений, что приводит к частичному их провисанию.

**Оползень №1150 «У пансионата «Геолог».** Длина оползня, по оси движения, составляет 140м, ширина достигает 160 м. Причина его возникновения – эрозионные процессы и переувлажнение в нижней части склона и пригрузкой отвалом грунта в головной части.

Нижняя часть оползня поросла древесной и кустарниковой растительностью. В прибортовой части прослеживается «пьяный» лес – деревья, наклоненные в разные стороны.

Нестабильность оползня подтверждается свежими разрывами дерна с выпираниями грунта. Кроме того, на границе борта с территорией, примыкающей к оползню с южной стороны, сохранился фундамент сооружения с деформациями оползневого характера. Трещины, с раскрытием до 7-12 см, и разрывы фундамента с горизонтальным смещением, свидетельствуют о боковом давлении со стороны оползня.

Для комплексной оценки оползневой ситуации на участке изысканий, были выполнены расчеты устойчивости склонов, находящихся в естественных условиях и без пригрузки проектируемыми сооружениями. Общее количество расчетных профилей составило 11.

Профили построены по скважинам №1, 3-25, пробуренным в доступных и не требующих специальной подготовки для выполнения работ местах (подрезок склона, подготовки площадок, спил деревьев).

Оценка локальной устойчивости склонов выполнена по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения и по методу прислоненных отсеков Г.М. Шахунянца в программном обеспечении GeoStab 5.

Принимая во внимание, сложность инженерно-геологической обстановки, а также данные буровых и рекогносцировочных работ были выбраны расчетные кривые, с учетом наиболее вероятного направления смещения и положения ослабленных зон в виде поверхностей скольжения в грунтовом массиве.

Стоит учесть, что количество плоскостей смещения на каждом расчетном профиле отличается, ввиду индивидуальных особенностей каждого. Так, при обработке данных, были построены инженерно-геологические разрезы по расчетным профилям и уточнены плоскости смещения, а также их общее количество.

Расчеты проводились при естественном состоянии склона, а также при сочетании особых нагрузок, принимая во внимание естественное и водонасыщенное состояние грунта, чтобы оценить устойчивость склонов в настоящее время, и возможность его дестабилизации, при повторном водонасыщении.

Общее число расчетных кривых – 42, суммарное количество расчетов – 170.

Для выполнения расчетов устойчивости склона применялись значения  $C$  (удельное сцепление грунта, кгс/м<sup>2</sup>) и  $\phi$  (угол внутреннего трения грунта, градус) по наихудшему варианту при быстром сдвиге для грунтов ИГЭ-1, 2, 3, 4.

В виду наличия деформаций на подпорных стенах, их сдерживающие усилия в расчетах не учитывались.

Обоснование принятых значений приведено в таблице 2.

Таблица 2.

Обоснование значений  $c$  и  $\phi$  для грунтов при расчете устойчивости склона

Методы определения показателей	Показатели	Номер ИГЭ			
		1	2	3	4
Лабораторные испытания	$\phi$ , град.	—	23	19	—
	$C$ , МПа	—	0,0138	0,0172	—
Расчет по "Методике обоснования прочностных и деформационных характеристик крупнообломочных грунтов Крыма по данным определения их физических свойств", ГИИНТИЗ, Симферополь, 1979.	$\phi$ сред, град.	<u>30</u> 29	<u>24</u> 22	<u>22</u> 20	<u>23</u> 18
	$C$ сред, МПа	<u>0,0238</u> 0,0061	<u>0,0328</u> 0,0085	<u>0,0380</u> 0,0098	<u>0,0354</u> 0,0062
Принятые значения показателей	$\phi$ , град.	<u>30</u> <u>29</u>	<u>24</u> <u>22</u>	<u>22</u> <u>20</u>	<u>23</u> <u>20</u>
	$C$ , МПа	<u>0,0238</u> <u>0,0061</u>	<u>0,0328</u> <u>0,0085</u>	<u>0,0380</u> <u>0,0098</u>	<u>0,0354</u> <u>0,0062</u>

Расчетные профили по оползням №351, №352 и №1150 проведены по наиболее вероятным направлениям смещения как по тальвегу оползня, а также по прибортовой его части, так и на локальных участках, предполагающих смещения оползневых накоплений, ограниченных по площади. Полученные результаты приведены в таблицах 3, 4, 5.

Таким образом, проведенные расчеты и натурные наблюдения позволяют дать характеристику устойчивости изученных оползней:

**Оползень №351 «База геологов».** Данный оползень занимает юго-восточную часть территории пансионата. Причина его возникновения – эрозия и переувлажнение грунтов в нижней части оползневого тела.

Установлено, что в настоящее время, в пределах оползня №351 «База геологов», активных признаков деформаций и смещений не выявлено. Небольшие возобновляемые подвижки носят локальный характер, что позволяет сделать вывод о стабильности оползневого участка. Это подтверждается выполненными расчетами

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СО  
СЛОЖНЫМИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ...

по профилям на склоне, сложенном грунтами, находящимися в естественном и водонасыщенном состоянии, при обычном и особом сочетании нагрузок, обладает запасом устойчивости –  $K_u > 1,15$ . Смещение оползневых масс имеют приповерхностный характер в грунтах ИГЭ-2 и по кровле древнеоползневых накоплений – грунтов ИГЭ-3. Смещение грунтов ИГЭ-3 не предвидится. Следует сказать то, что отдельные расчеты, выполненные по кривым В-В1 и С2-С3, для грунтов, слагающих склон и находящихся в водонасыщенном состоянии дали низкие значения ( $K_u < 1,15$ ). Поэтому, при освоении склона на данном участке следует избегать мероприятий, способствующих замачиванию грунтов, слагающих склон.

Таблица 3.

Данные расчетов устойчивости склонов по оползню №351

Расчетная кривая	Метод расчета	Коэффициент устойчивости ( $K_u$ )			
		Ку ест.8	Ку ест.9	Ку вод.8	Ку вод.9
Плоскости смещения по кровле коренных пород и в молодых оползневых отложениях ИГЭ-2					
А-А1	Метод Г.М. Шахунянца	2,919	2,561	1,495	1,312
А-А2	Метод Г.М. Шахунянца	3,062	2,629	1,689	1,451
А-А3	Метод Г.М. Шахунянца	2,626	2,237	1,649	1,405
А1-А3	Метод Г.М. Шахунянца	2,842	2,384	1,808	1,517
В-В1	Метод Г.М. Шахунянца	2,074	1,869	<b>1,228</b>	<b>1,107</b>
В-В3	Метод Г.М. Шахунянца	2,789	2,306	1,876	1,553
В2-В3	Метод Г.М. Шахунянца	3,093	2,598	1,835	1,543
Плоскости смещения в делювиально-пролювиальных отложениях ИГЭ-1					
С-С3	Метод Г.М. Шахунянца	3,166	2,630	2,404	1,998
С1-С3	Метод Г.М. Шахунянца	2,654	2,272	1,960	1,679
С2-С3	Метод Г.М. Шахунянца	2,351	2,058	1,618	1,418
С-С3	Метод КЦПС	2,765	2,341	1,936	1,640
С1-С3	Метод КЦПС	2,392	2,105	1,811	1,594
С2-С3	Метод КЦПС	1,848	1,701	<b>1,113</b>	<b>1,024</b>
Д-Д3	Метод Г.М. Шахунянца	2,117	1,797	1,528	1,301
Д-Д2	Метод Г.М. Шахунянца	3,054	2,579	1,816	1,534
Д1-Д2	Метод Г.М. Шахунянца	3,155	2,659	1,856	1,565

**Оползень №352 «База геологов».** Данный оползень занимает центральную часть территории пансионата. Причина его возникновения и направление движения в активную фазу – аналогичны оползню №351.

По данным выполненного рекогносцировочного обследования установлено, что в настоящее время, в пределах оползня №352 «База геологов», активных признаков деформаций и смещений не выявлено. Можно сделать вывод об временной общей стабильности оползневого массива. Это подтверждается выполненными расчетами по профилям на оползневом склоне ( $K_u > 1,15$ ).

Таблица 1.

Данные расчетов устойчивости склона по оползню №352

Плоскости смещения по кровле молодых оползневых отложений ИГЭ-2					
G1-G2	Метод Г.М. Шахунянца	3,082	2,620	2,177	1,851
G2-G3	Метод Г.М. Шахунянца	2,955	2,507	2,157	1,830
G4-G6	Метод Г.М. Шахунянца	5,180	4,110	3,400	2,699
G5-G6	Метод Г.М. Шахунянца	6,108	4,796	3,735	2,934
G-G2	Метод Г.М. Шахунянца	2,902	2,498	1,954	1,684
G-G3	Метод Г.М. Шахунянца	2,732	2,354	1,927	1,661
H1-H2	Метод Г.М. Шахунянца	2,740	2,351	1,994	1,711
H1-H3	Метод Г.М. Шахунянца	2,615	2,237	1,890	1,617
K2-K3	Метод Г.М. Шахунянца	5,169	4,267	2,797	2,306
Плоскости смещения по кровле древнеоползневых отложений ИГЭ-3					
G-1-G7	Метод Г.М. Шахунянца	2,410	2,022	1,667	1,399
H-1-H4	Метод Г.М. Шахунянца	2,057	1,757	1,487	1,270
J-1-J1	Метод Г.М. Шахунянца	2,544	2,192	1,493	1,287
Плоскости смещения в древнеоползневых отложениях ИГЭ-3					
G-2-G7	Метод Г.М. Шахунянца	2,300	1,932	1,644	1,379
H-2-H4	Метод Г.М. Шахунянца	1,899	1,631	1,383	1,186
J-2-J1	Метод Г.М. Шахунянца	2,111	1,802	1,384	1,182
Плоскости смещения по кровле коренных пород ИГЭ-4					
G-3-G7	Метод Г.М. Шахунянца	2,210	1,857	1,655	1,385
K-K1	Метод Г.М. Шахунянца	2,803	2,355	1,734	1,456

По данным выполненного рекогносцировочного обследования в пределах правого борта оползня №1150 «У пансионата «Геолог», установлено, что в настоящее время, оползень находится в нестабильном состоянии. Зафиксированы активные признаки движения оползня – разрывы дерна, локальные смещения и выпирания грунта. При обследовании территории, также были обнаружены дренажные колодцы, уровень воды в которых свидетельствует о водонасыщенном состоянии грунтов, слагающих склон. Данный факт был подтвержден проверочными расчетами устойчивости склона с учетом взвешивающего воздействия воды. Коэффициент устойчивости склона, при обычном сочетании нагрузок, составил 0,956, что подтверждает его активное состояние на момент выполнения изысканий. Максимальная мощность оползневых накоплений составляет 3-5м.

По данным расчетов, в пределах оползня №1150 участки склонов (таблица 5), сложенные грунтами, находящимися в естественном состоянии, являются устойчивыми к оползневому смещению –  $K_u > 1,15$ . Решающее влияние на устойчивость склона оказывает обводнение грунтов и сейсмичность, что подтверждается данными расчетов. Расчеты выполнены по результатам оценки состояния грунтов и гидрогеологических условий по данным буровых и лабораторных работ.

Таблица 5.

Данные расчетов устойчивости склона по оползню №1150

Расчетная кривая	Метод расчета	Коэффициент устойчивости (Ку)			
		Ку ест.8	Ку ест.9	Ку вод.8	Ку вод.9
Плоскости смещения по кровле молодых оползневых отложений ИГЭ-2					
L1-L3	Метод Г.М. Шахунянца	2,581	2,228	1,760	1,519
L2-L3	Метод Г.М. Шахунянца	2,592	2,234	1,739	1,499
Плоскости смещения по кровле коренных пород ИГЭ-4					
L-L4	Метод Г.М. Шахунянца	1,862	1,592	1,284	<b>1,098</b>

Отметим, что при рекогносцировочном обследовании территории в пределах правого борта оползня № 1150, были обнаружены водопонижающие колодцы, уровень воды в которых, на момент изысканий, находится в пределах 0,10-0,70 м. от поверхности. Также, выявлены «свежие» заколы и локальные смещения грунтов.

Ввиду этого, был выполнен проверочный расчет устойчивости склона по плоскости смещения L1-L3 с учетом взвешивающего воздействия грунтовых вод по уровням воды, замеренным в дренажных колодцах. Результаты расчета (табл. 6) подтвердили неустойчивое состояние склона при обычном и особом сочетании нагрузок –  $K_{уст} = 0,956$  и  $0,825$  соответственно. При этом в оползневое смещение вовлечены грунты ИГЭ-1 по кровле древнеоползневых накоплений. Мощность грунтов ИГЭ-1, в пределах расчетного профиля L-L', составляет 3-5 м.

Таблица 6.

Данные расчетов устойчивости склона южнее правого борта оползня №1150, с учетом взвешивающего воздействия воды приповерхностного уровня грунтовых вод

Расчетная кривая	Метод расчета	Коэффициент устойчивости (Ку)	
		Ку вод.8	Ку вод.9
Плоскости смещения по кровле древнеоползневых отложений ИГЭ-3			
L1-L3	Метод Г.М. Шахунянца	<b>0,956</b>	<b>0,825</b>

Таким образом, в пределах правого борта оползня №1150, на северной окраине исследуемого участка существует активный оползневой очаг, связанный с переувлажнением грунтов, слагающих склон и перегрузкой склона насыпными накоплениями в головной части оползня. Данная территория требует инженерной защиты с одновременным осушением грунтов, слагающих склон.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований на локальном участке со сложными инженерно-геологическими условиями, расположенном в пределах пгт. Гурзуф и

предполагаемого к застройке жилыми зданиями можно сделать следующие выводы:

Основанием фундаментов проектируемых зданий и сооружений могут служить грунты ИГЭ-1, 2, 3, 4а, 4.

Насыпные грунты, из-за склонности к неравномерным осадкам и рыхлого сложения, не могут служить основанием фундаментов и подлежат удалению при застройке. При проектировании необходимо предусмотреть:

- инженерную защиту территории;
- фильтрационные свойства грунтов;
- учесть коррозионные свойства грунтов и агрессивность грунтовых вод;
- комплексную организацию поверхностного стока по всей территории, с отводом в единую систему канализации, исключая сброс воды на рельеф;
- обустройство дренажей в пределах проектируемых сооружений;
- устройство водонесущих коммуникаций в бетонные лотки;
- мероприятия по осушению и стабилизации оползня № 1150 (в пределах территории проектируемого строительства);
- глубину заложения фундамента с учетом расчетной высоты предельно устойчивого вертикального откоса (подрезанного склона);
- реконструкцию подпорных стен с восстановлением и/или организацией застенного дренажа;

Предусмотреть мероприятия, включающие в себя мониторинг склона.

Поскольку, устойчивость склонов резко снижается при водонасыщенном состоянии, слагающих их, грунтов, при проектировании зданий и инженерных сооружений необходимо предусмотреть обустройство дренажа.

Таким образом, проведенные исследования показали, что геоморфологические и инженерно-геологические условия небольших локальных участков могут отличаться от региональных индивидуальными сочетаниями природных процессов. Особенности изученной территории заключаются в специфике пространственно-генетического взаимодействия обвально-осыпных, оползневых, эрозионных и гидрогеологических процессов и явлений, развитых в ее пределах. В связи с этим, в каждом конкретном случае требуется применение своего набора изыскательских и расчетных методов, позволяющих выявить специфику протекания на данной территории инженерно-геологических и геоморфологических процессов.

*Статья выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 19-05-00982.*

#### **Список литературы**

1. Геология СССР. Т.8. Крым. Часть 1. Геологическое описание. / [Под ред. М.В. Муратова]. М.: Недра, 1969. 575 с.
2. Гидрогеология СССР. Том VIII, Крым. /Под ред. В.Г. Ткачука. М.: Недра, 1971. 364 с.
3. Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 230 с.
4. Геология СССР. Том 8. Часть 1. Геологическое описание. М: Недра, 1969. 784 с.

5. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Карта Сейсмичность. Атлас «Автономная республика Крым»/ Институт географии НАН Украины, Таврический национальный университет им. Вернадского, ЗАО «Институт передовых технологий». Киев- Симферополь, 2003. 81с.
6. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований, М., 2004 г.
7. Червяцова О.Я., Потапов С.С., Киселева Д.В., Тищенко А.И., Касаткин А.В., Токарев С.В., Амеличев Б.А., Вахрушев Б.А. Минеральные отложения пещеры Таврида (Предгорный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Том 5 (71). № 3. С. 226–255.

**GEOMORPHOLOGICAL STUDIES OF LOCAL AREAS WITH COMPLEX  
ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS (FOR EXAMPLE, THE  
SECTION OF THE SOUTHERN COAST OF THE CRIMEA).**

*Vakhrushev B. A., Kovrigin A. I., Khomich I. N.*

*VI. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation  
E-mail: vakhb@inbox.ru, akovrigin@gkksq.yaconnect.com, homich@gkksq.yaconnect.com*

The Crimean Peninsula is characterized by a wide variety of geomorphological, hydrological and engineering-geological conditions naturally confined to its main geological and structural zones. As a result, they naturally change from North to South and from West to East. However, local areas within them may have terms significantly different from the regional. To the article the South coast area within the village of Gurzuf is a sophisticated combination of erosion, landslide-talus, landslide and hydrogeological processes and phenomena in their study used a set of geomorphological and engineering-geological methods. In the geological structure of the survey site based on the results of drilling operations, a set of characteristic features of Genesis, features of the lithological composition, as well as mathematical processing of laboratory results in the study area to a depth of 41.0 m, five structural and genetic complexes (SGC) and five engineering and geological elements (IGE) within their limits are identified. To assess the expected seismic impact on the research sites, the initial seismicity was clarified. Based on the results of engineering and geophysical research, the seismicity of the survey area was clarified using the method of seismic stiffness [6]. The estimated seismicity of the site for risk level " A " (OSR-2015), taking into account the maximum increment of seismic intensity (0.02), taking into account the specified seismic intensity is 8 points. Assessment of local stability of slopes was performed using the method of round-cylindrical sliding surfaces and the method of leaning compartments by G. M. Shakhunyants in the GeoStab 5 software. Taking into account the complexity of the engineering and geological situation, as well as data from drilling and reconnaissance operations, the calculated curves were selected, taking into account the most likely direction of displacement and the position of weakened zones in the form of sliding surfaces in the ground mass. The calculations were performed in the natural state of the slope, as well as in the combination of special loads, taking into account the natural and water-saturated state of the soil. The chosen method allowed us to determine the calculated stability of each studied landslide and give recommendations on

the use and engineering protection of their territory.

The studied red clay filling the fissures and cavities in the limestone massif of Bagatur. Their comparison with similar clays of the Tavrida cave (Inner ridge) showed the lack of identity of their mineralogical complexes. This fact made it possible to exclude the southern coast of the Crimea as the area of demolition of clay fill caves in the Inner ridge of the Crimean mountains, including the Tavrida cave.

Thus, the research has shown that the geomorphological and engineering-geological conditions of small local areas may differ from regional individual combinations of natural processes. The features of the studied territory are the specifics of the spatial and genetic interaction of landslide, landslide, erosion and hydrogeological processes and phenomena developed within its boundaries. In this regard, each specific case requires the use of its own set of survey and calculation methods that allow to identify the specifics of the flow of engineering-geological and geomorphological processes on this site.

**Keywords:** local site, geomorphological engineering surveys, southern coast of Crimea, construction, landslide, methods of engineering and geological research.

### *References*

1. Geologiya SSSR. T.8.Krym. CHast' 1.Geologicheskoe opisanie. Pod red. M.V. Muratova. M.: Nedra, 1969. 575 p.
2. Hidrogeologiya SSSR. Tom VIII, Krym. Pod red. V.G Tkachuka M.: «Nedra», 1971.–364 s.
3. Muratov, M. V. Kratkij ocherk geologicheskogo stroeniya Krymskogo poluostrovaю M.: Gosgeoltekhizdat, 1960. 230 p.
4. Geologiya SSSR. Tom 8. CHast' 1. Geologicheskoe opisanie. M: Nedra, 1969. 784 p.
5. Pustovitenko B.G., Kul'chickij V.E. Karta Sejsmichnost'. Atlas «Avtonomnaya respublika Krym». Institut geografii NAN Ukrainy, Tavricheskij nacional'nyj universitet im. Vernadskogo, ZAO «Institut peredovyh tekhnologij». Kiev- Simferopol', 2003. 81 p.
6. SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. CHast' VI. Pravila proizvodstva geofizicheskikh issledovanij, M., 2004 g.
7. Chervyatova O.Ya., Potapov S.S., Kiseleva D.V., Tishchenko A.I., Kasatkin A.V., Tokarev S.V., Amelichev B.A., Vakhrushev B.A. Mineral deposits of the Tauris Cave (Piedmont Crimea). Uch. notes of the Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. Volume 5 (71), No. 3, 2019, pp. 226–255.

*Поступила в редакцию 09.06.2020 г.*