УДК 624.131.23

Галай Б.Ф. [Galay B.F.],
Сербин В.В. [Serbin V.V.],
Плахтюкова В.С. [Plakhtyukova V.S.],
Галай О.Б. [Galay O.B.]

ЛЁССОВЫЕ ГРУНТЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И КРЫМА (СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ)

Loess ground Northern Caucasus and Crimea (comparative analysis)

Массовые строительства зданий и сооружений на территории Северного Кавказа и Крыма, где ведется интенсивное промышленное, гражданское, гидротехническое, ирригационное, дорожное и курортно-санаторное строительство, осложняли и будут осложнять лёссовые просадочные грунты, которые в степной их части распространены практически повсеместно, а в предгорных районах встречаются локально на равнинных, удобных для строительства участках. В работе показано генетическое единство лёссовой формации Северного Кавказа и Крыма, проведён сравнительный анализ состава и свойств просадочных грунтов, даны рекомендации крымским строителям и проектировщикам по применению новых методов борьбы с просадочностью, освоенных на Северном Кавказе. Как показала практика строительства, глубинные взрывы – единственный, безальтернативный способ полного устранения просадочности лёссовых толщ большой мощности. Несмотря на эффективность уплотнения просадочных грунтов глубинными взрывами, последние пока не нашли широкого применения в условиях Северного Кавказа, где лёссовые грунты распространены практически повсеместно, а мощность просадочной толщи достигает 55 метров. Проведенный анализ показывает возможность применения гидровзрывного уплотнения и грунтовых свай в похожих грунтовых условиях Крыма.

Mass construction of buildings, which are located in the North Caucasus and the Crimea territories, where intensive industrial, civil, hydraulic, irrigation, road and sanatorium-resort construction have been complicating in these territories by loess that are common in the steppe and are local in the flat plots of the foothill areas suitable for construction sites. The article shows the genetic unity of loess formations of the North Caucasus and the Crimea, comparative analysis of collapsible soil composition and properties was conducted, recommendations to crimean builders and designers on application of new methods of dealing with collapsibility which opened up in the North Caucasus were given. As construction practice has shown subsurface explosion is the single option method of riddance of collapsibility of the high thickness of layer. In spite of efficiency soil hydraulic subsurface explosion compaction method didn't widely used in the North Caucasus where loess is common and their thickness could reach 55 meters. Conducted analysis demonstrate the possibility of using soil hydraulic subsurface explosion compaction and auger placed pressure-injected concrete ground pile under the similar conditions of the Crimea.

Ключевые слова: лёссовые грунты, просадочные грунты, стратиграфия, уплотнение грунтов гидровзрывом, буронабивные грунтовые сваи.
Key words: loess soil, collapsible soil, stratigraphy, soil hydraulic subsurface explosion compaction, auger placed pressure-injected concrete ground pile.

Введение

Северный Кавказ и Крым относятся к регионам, где ведется интенсивное промышленное, гражданское, гидротехническое, ирригаци-

онное, дорожное и курортно-санаторное строительство. Для развития этих регионов вкладываются значительные средства.

Массовое строительство разнообразных зданий и сооружений на территории обоих регионов осложняли и будут осложнять лёссовые просадочные грунты, которые в степной их части распространены практически повсеместно, а в предгорных районах встречаются локально на равнинных, удобных для строительства участках.

На лёссовых грунтах в советское время были построены самые крупные в СССР мелиоративные системы: на Северном Кавказе – Большой Ставропольский канал, а в Крыму – Северо-Крымский канал. При проектировании этих водохозяйственных систем детальным изучением лёссовых грунтов занимались проектно-изыскательские институты «Севкавгипроводхоз» (г. Пятигорск) и «Укргипроводхоз» (г. Киев и г. Симферополь) с участием многих союзных НИИ. После распада СССР водные системы из-за недостатка финансирования получили значительный физический износ, и при их реконструкции неизбежно придется вновь учитывать специфические свойства просадочных грунтов.

Цель данной статьи – показать генетическое единство лёссовой формации Северного Кавказа и Крыма, сравнить состав и свойства просадочных грунтов и дать рекомендации крымским строителям и проектировщикам по применению новых, освоенных на Северном Кавказе, методов борьбы с просадочностью лёссовых грунтов.

Материалы и методы исследований

Распространение, строение, вещественный состав, физико-механические свойства и просадочность лёссовых грунтов Северного Кавказа описаны во многих, в том числе в наших работах [2; 3; 4], а Степного Крыма – в [5; 6; 8; 9].

Схематическая карта распространения лёссовых грунтов на Северном Кавказе приведена в наших работах (рис. 1) [2; 3], а лёссовых грунтов Крыма – рис. 2 [8, с. 65]. В качестве научной рабочей гипотезы примем положение, обоснованное в наших работах о том, что формирование лёссовых грунтов происходило за счет пыли, принесенной из восточных районов (Прикаспийской низменности и, возможно, Средней Азии) в перигляциальных условиях плейстоцена. Это подтверждает:

1) покровное положение лёссовых толщ, перекрывающих поверхностным чехлом все элементы рельефа, за исключением пойм современных рек;
2) отсутствие сходства химико-минералогического и гранулометрического состава с подстилающими и окружающими

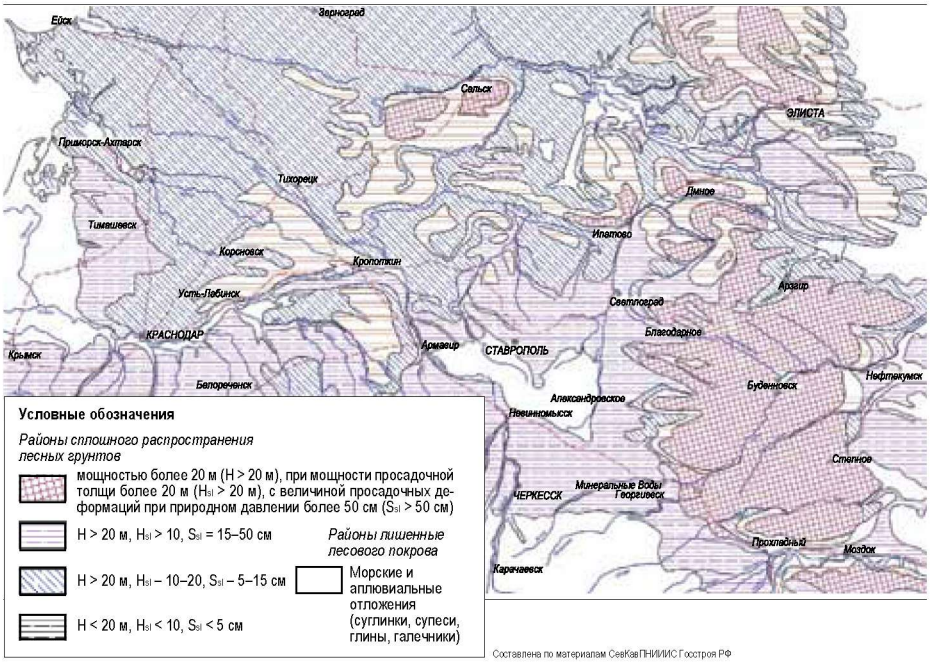

Рис. 1. **Схематическая карта распространения лёссовых грунтов на Северном Кавказе.**

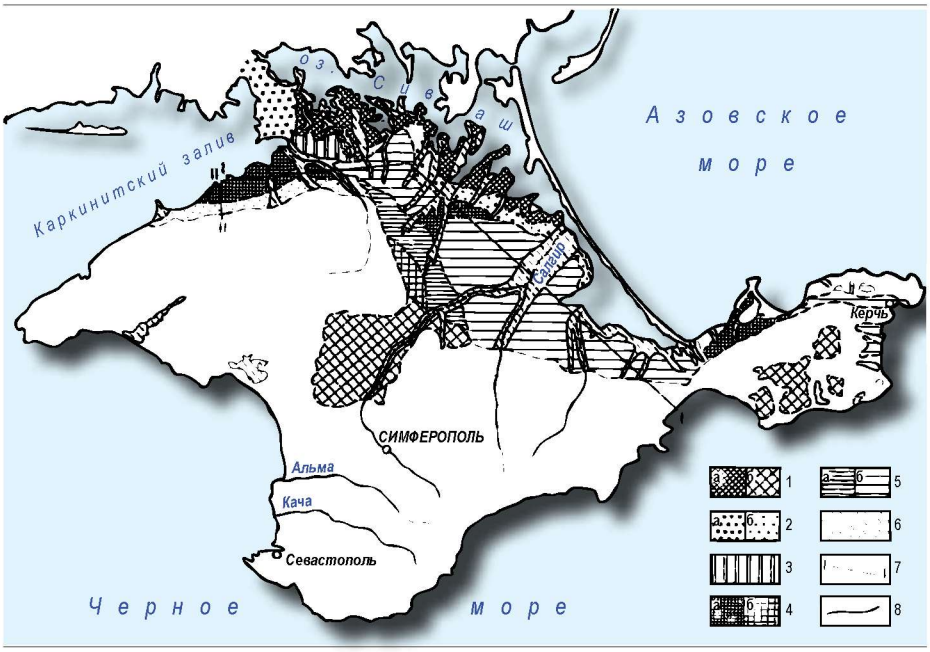

Рис. 2. **Схема мощностей лёссовых грунтов Крыма. 1–5 – мощность, м: 1 – до 5; 2 – от 5 до 10; 3 – от 10 до 15; 4 – от 15 до 20; 5 – >20.**

породами, что исключает водные способы накопления материала (делювий, пролювий и аллювий);

3) изменение гранулометрии пород в субширотном направлении: с востока на запад происходит закономерный переход от пылеватых песков и супесей (вблизи Прикаспийской низменности) к тяжелым суглинкам и глинам (Западное Предкавказье);
4) наличие прослоев свежего вулканического пепла и хорошо сохранившихся невыветрелых минералов, подтверждающих сухую обстановку накопления и сохранения первичного материала;
5) сохранение реликтовых солей, принесенных ветром, в верхней просадочной части лёссовых разрезов, которые неизбежно были бы удалены при любом водном генезисе пород;
6) эоловый генезис лёссовых грунтов Юга России подтверждают палеогеографические исследования отечественных и зарубежных ученых, согласно которым лёсс формировался в условиях сухой и холодной т. н. «тундро-степи», не имеющей современных аналогов на Земле [7]. При внимательном изучении лёссовых толщ Северного Кавказа были обнаружены многочисленные следы криолитогенеза, подтверждающие наличие «вечной» (многолетней) мерзлоты лёссовых толщ [1].

Лёссовые толщи Северного Кавказа имеют чётко выраженное циклическое строение, обусловленное чередованием лёссовых горизонтов и ископаемых почв. Лёссовые горизонты отражают холодные и сухие ледниковые периоды плейстоцена, а ископаемые почвы – теплые и влажные межледниковья, к которым относится и современный голоцен, начавшийся 10 тысяч лет назад.

Генетическая концепция формирования лёссовых толщ Северного Кавказа в основном соответствует данным по лёссовым отложениям Крыма. Сотрудница Крымского геологического управления Е.В. Львова [6, с. 367], поставившая целью своих исследований «восстановить палеогеографическую обстановку на территории Степного Крыма в четвертичное время, когда происходило формирование лёссовых пород, и дать характеристику их состава и свойств на территории северной части Степного Крыма, намеченной к орошению и обводнению водами Северо-Крымского канала», совершенно правильно пришла к выводу: «Суглинки Степного Крыма относятся к типу лёссовидных пород, образовавшихся в значительной степени при участии эоловых процессов». В этой же работе отмечается, что «легкие покровные суглинки эолово-делювиального происхождения развиты повсеместно в Степ-

ном Крыму. Суглинки перекрывают сплошным слоем все более древние отложения, облекают все формы рельефа, за исключением узких полосок вдоль русел рек, балок и заливов Сивашей… Никакие процессы, кроме эоловых, не могли так снивелировать рельеф, образовать сплошной плащ суглинков, прерываемый только руслами рек». В этой же работе отмечается «засоленность грунтов, хотя и ослабевающая с глубиной», и тот факт, что «минерализация водоносного горизонта в четвертичных отложениях является следствием минерализации суглинков». Таким образом, подтверждается наша концепция, что засоленность грунтовых вод обусловлена нисходящим выносом солей из верхнего, первично засоленного просадочного лёсса. Понимание этой закономерности имеет большое практическое значение. Водоснабжение Степного Крыма невозможно за счет засоленных грунтовых вод, без использования Северо-Крымского канала.

В Степном Крыму нерешенной проблемой остается стратиграфическое расчленение лёссовых толщ, основанное на изучении ископаемых почв. Ископаемые почвы – важнейшие стратиграфические маркеры – в лёссовых разрезах Крыма изучены недостаточно. Первый исследователь Е.В. Львова [6, с. 370] в 1961 году установила «наличие трех хорошо выдержанных погребенных почвенных прослоев, позволивших расчленить толщу суглинков на четыре яруса… Содержание гумуса по всему разрезу четвертичной толщи изменяется сравнительно мало, за исключением тех случаев, когда вскрыты погребенные почвы».

А.К. Ларионов и Л.Я. Штерн [5, с. 87] утверждают, что «погребенные почвы были встречены лишь на локальных участках в северной части Степного Крыма… Погребенные почвы почти во всех вскрытых выработках отсутствовали. Встреченные карбонатные прослои лишь в отдельных случаях могли быть приняты за иллювиальные почвенные горизонты». Здесь Б.Ф. Галай хочет возразить своему учителю А.К. Ларионову и коллеге Л.Я. Штерн, что карбонатные прослои просто так в эоловой пыли не могли образоваться. Они действительно являются иллювием ископаемых почв, а их тонкий гумусный слой могли унести ветры при накоплении верхнего лёссового слоя.

Е.В. Рипский и И.И. Молодых [8, с. 64] «среди лёссовых пород выделили два генетических комплекса: эолово-делювиальный (собственно лёссовый) и нерасчлененный эолово-делювиально-элювиальный (облессованные породы). Породы обоих генетических комплексов сплошным чехлом покрывают территорию равнинного Крыма… В пределах равнинного Крыма лёссовые породы подстилаются плиоценовыми глинами».

Л.Я. Штерн [9, с. 4] также утверждает, что «лёссовые породы Степного Крыма являются полигенетичными. В их формировании принимали участие эоловые, делювиальные и элювиальные процессы».

Там же в выводах [9, с. 20] отмечается: «лёссовая толща Степного Крыма имеет полигенетичное происхождение; в ее формировании принимали

участие эолово-делювиальные, эолово-делювиально-элювиальные и пролювиальные процессы. Минеральный состав лёссовых пород свидетельствует как о привносе минералов из перигляциальной зоны, так и о местном происхождении, причем первые транспортировались эоловым путем, а вторые – делювиально-пролювиальным».

Новые палеоклиматические представления о сухой и морозной обстановке в период накопления лёссовых пород исключают участие водных (делювиальных, элювиальных и пролювиальных) процессов в формировании лёссовых толщ. Лёссовый материал Крыма никакой связи не имеет с подстилающими плиоценовыми глинами. Его принес восточный ветер, как и на территории Северного Кавказа.

Мощность лёссовой формации в Крыму изменяется от 1 до 27 м [9, с. 4] и, возможно, до 26,0 м [8, с. 70]. Здесь, как и на Северном Кавказе, максимальную мощность имеет лёссовый покров на пологих склонах водоразделов («в пределах склонов Центральной равнины») и Присивашской низменности. В связи с тем, что стратиграфия лёссового покрова Крыма остается пока дискуссионной, нам трудно синхронизировать события этих соседних регионов.

В указанной литературе приводятся недостаточные данные о литологии лёссовых грунтов Крыма. Е.В. Рипский и И.И. Молодых [8, с. 70] приводят характеристики от пылеватых супесей (типичных лёссов?) до пылеватых глин. Л.Я. Штерн также подтвердила, что «лёссовые породы Степного Крыма в литологическом отношении варьируют от легких пылеватых суглинков до пылеватых глин» [9, с. 4].

Хуже всего в опубликованной литературе представлена просадочность лёссовых грунтов Крыма. Л.Я. Штерн [9, с. 20] пишет: «установлено, что ожидать значительной просадочности в лёссовой толще Степного Крыма нет оснований». В то же время Е.В. Львова [6, с. 373] приводит данные о просадочности образцов до 0,079, а Е.В. Рипский и И.И. Молодых [8, с. 74] сообщают о просадочности до 0,121 и выше. Такой просадочность обладают сильно просадочные лёссы восточных районов Ставрополья (Буденновск, Степное и др.), Терско-Кабардино-Сунженская область и район г. Волгодонска.

Нигде в опубликованной литературе не сообщается о типах лёссовых толщ Крыма, как это требуют Строительные нормы. Известно, что II (второй) тип грунтовых условий сильно осложняет предстроительную подготовку оснований и требует специальных методов глубинного устранения просадочности. Действующий СНиП 2.02.01–83* «Основания зданий и сооружений», п. 3.13 и Свод Правил «Основания зданий и сооружений» (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83*), п. 6.1.22 применять: «в пределах всей просадочной толщи – глубинное уплотнение грунтовыми сваями, предварительное замачивание грунтов основания, в том числе с глубинными взрывами, химическое или термическое закрепление».

Результаты исследований и их обсуждение

Просадочность лёссовых грунтов как опасный техногенный геологический процесс геологи и строители нашей страны впервые стали изучать в довоенные и послевоенные годы, когда произошли аварийные деформации гидромелиоративных сооружений в Кабардино-Балкарии и Чечено-Ингушетии, многих жилых домов, общественных и промышленных зданий, построенных на этих специфических грунтах в гг. Грозном, Ростове-на-Дону, Георгиевске и др. Причину и природу просадочных деформаций зданий и сооружений строители не могли понять без участия ученых-геологов, изучивших вещественный состав и структурные особенности этих специфических образований.

В 1958 году в г. Ставрополе был создан единственный на Северном Кавказе филиал НИИ сначала АН СССР, а затем Госстроя СССР (СевКавПНИИИС) с научной лабораторией по изучению просадочных грунтов региона. Для борьбы с просадочностью были опробованы практически все известные методы закрепления и уплотнения просадочных грунтов. При участии СевКавПНИИИС, а затем СевКавГТУ и СКФУ, состоялось успешное применение различных методов уплотнения и закрепления просадочных грунтов на крупных стройках Юга России. Комплексное изучение вещественного (химико-минералогического и гранулометрического) состава и структурных особенностей лёссовых грунтов позволило определить область и границы применения, проектируемых противопросадочных мероприятий.

Химическое закрепление (силикатизация) оказалось неэффективным при аварийных деформациях многих зданий и в последние десятилетия практически не применяется на Северном Кавказе. Силикатизацией не удалось закрепить аварийные дома в гг. Кисловодске, Георгиевске, Буденновске и других райцентрах Ставропольского края. Силикатизация не помогла при восстановлении аварийных промышленных зданий завода «Атоммаш», многих жилых домов и общественных зданий в г. Волгодонске.

Термическое закрепление (обжиг) опробовали один раз в 1975 году в с. Прасковея Буденновского района на небольшом здании, и строители от него отказались. В 70-е годы обжиг с переменным успехом был опробован при строительстве малоэтажных домов в Краснодарском крае (г. Новокубанск и др.).

Химическое и термическое закрепление, несмотря на усилия московских, украинских и ростовских НИИ, разработавших эти методы, не получили распространения не только при новом строительстве, но и, что более важно, при реконструкции существующих зданий и восстановлении аварийных объектов.

Предварительное замачивание в 60–70-е годы широко применялось при строительстве гидротехнических и мелиоративных объектов в восточных районах Ставропольского края и восточных республиках Северного Кавказа

(Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Чечено-Ингушетии), Калмыкии, где распространены сильно просадочные, типичные лёссы и лёссовидные суглинки большой мощности (более 20 м) с расчетной просадкой от собственного веса более 50 см.

Предстроительное замачивание котлованов для устранения просадочности грунтов требует много воды, дефицитной в степных районах, надолго задерживает строительство и слабо уплотняет просадочную толщу. Этот метод также практически не применяется в современных условиях индустриального строительства, требующего сокращения сроков и повышения качества работ.

С 1973 года для уплотнения мощных лёссовых толщ (15–50 м) в условиях Северного Кавказа стал широко применяться в различных вариантах *гидровзрывной метод* (ускоренное предварительное замачивание и глубинные взрывы). Для его практического применения нами разработано единственное в России Пособие [2], согласованное с Госгортехнадзором России и ОАО «Кавказвзрывпром». У истоков этого метода стоял киевский профессор И.М. Литвинов, под руководством которого в 1973 году были уплотнены просадочные грунты при строительстве крупного газоперерабатывающего завода в районе г. Грозного. Затем уплотнение просадочных грунтов глубинными взрывами произошло при строительстве многих жилых домов и промышленных объектов в Ставропольском крае (Буденновск, Георгиевск, Ипатово), Ростовской области (Волгодонск), Волгоградской области (Ленинск, Качалино), Кабардино-Балкарии (с. Кременчуг-Константиновское).

Гидровзрывное уплотнение просадочных грунтов по нашему проекту было выполнено в 2014-2015 гг. при строительстве Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» в г. Буденновске по программе стратегического развития ОАО «ЛУКОЙЛ». Программа включена в Стратегию развития химической и нефтехимической промышленности России. Уплотнение просадочной толщи мощностью 28 м произвели глубинными взрывами вблизи взрывоопасных объектов ООО «Ставролен» с экономией 887,372 млн. рублей.

В условиях плотной городской застройки и для спасения аварийных зданий с 1992 года мы стали широко применять буронабивные *грунтовые и бетонные сваи,* изготовленные шнековым способом. Для этого составлены Рекомендации [3], одобренные Главгосэкспертизой России и согласованные с головным НИИ оснований им. Н. М. Герсеванова Госстроя РФ. Этим методом закреплены просадочные основания во многих городах Юга России (Ставрополь, Кисловодск, Железноводск, Пятигорск, Георгиевск, Буденновск, Благодарный, Светлоград, Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Новошахтинск, Шахты, Краснодар, Ейск, Кропоткин, Тбилисская, Элиста, Грозный, Назрань, Магас, Нальчик и др.).

По договору с Правительством Москвы в 1995 г. после террористического акта буронабивными грунтовыми и бетонными шнековыми сваями были

закреплены просадочные грунты под всеми аварийными зданиями Буденновской больницы. После укрепления грунтов одноэтажная пристройка к роддому больницы была надстроена двумя этажами и сохранено старинное здание (1888 г.) Мамай-Маджарского монастыря.

В 1996 г. по договору с администрацией г. Железноводска были закреплены просадочные грунты в основании аварийного 12-тиэтажного дома ФСБ по ул. Октябрьской, 55-б, из которого были выселены жильцы.

В 1995 г. Ростовгражданпроект согласовал уплотнение просадочных грунтов грунтовыми сваями при строительстве 14-тиэтажного элитного жилого дома по ул. Филимоновской-Семашко в г. Ростове-на-Дону. После уплотнения просадочных грунтов осадка дома составила всего 3 см, и жилой дом был надстроен двумя этажами до 16-ти этажей. Таким же методом были закреплены грунты аварийных школ в г. Ростове-на-Дону (№№ 32, 36, 50, 52, 57 и др.).

В 2001 г. в г. Пятигорске аварийное двухэтажное здание Академии Госслужбы по ул. Дунаевского, 5 после закрепления просадочных грунтов грунтовыми сваями надстроили третьим этажом. Здание выдержало наводнение 2002 г.

В Кисловодске буронабивными сваями были закреплены просадочные грунты в основаниях жилых домов по ул. Цандера, 8, ул. Куйбышева, 57 и ул. Еськова, 8.

В г. Благодарном в 2001 г. после укрепления просадочных грунтов аварийное одноэтажное здание детского сада по ул. Вокзальной было надстроено двумя этажами и стало жилым домом. Таким же методом укрепили просадочные грунты при строительстве Дома-интерната для престарелых и инвалидов.

В 2004 г. по просьбе ОАО «711 Военпроект» и заместителя командующего Северо-Кавказского военного округа генерала Ю.И. Иванова глубинными взрывами и буронабивными грунтовыми сваями укрепили просадочные грунты при строительстве всех объектов крупнейшего в ЮФО военного городка в г. Буденновске.

В 2015 году грунтовыми сваями укрепили просадочные грунты под взрывоопасные объекты газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» (после глубинных взрывов) и основания всех строящихся объектов Спорткомплекса в 7-ом микрорайоне Буденновска. Согласно справке заказчика, при строительстве Спорткомплекса применение грунтовых свай дало экономический эффект 150 млн. рублей.

Проекты укрепления оснований аварийных зданий Буденновской больницы, аварийного 12-эт. дома ФСБ в Железноводске, аварийных школ в г. Ростове-на-Дону, Резервуаров и Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» были согласованы с Главгосэкспертизой России, а Спорткомплекса – Ставропольской государственной экспертизой.

Большим достоинством глубинных взрывов и грунтовых свай является возможность их совместного применения с различными видами фундаментов. При большой мощности просадочных грунтов следует сначала примерить глубинные взрывы, а затем грунтовые сваи для плитных и столбчатых фундаментов. При больших сосредоточенных нагрузках каркасных зданий в уплотненные грунты можно погрузить любые виды бетонных свай.

Грунтовые и бетонные шнековые сваи стали незаменимы при восстановлении аварийных и реконструируемых зданий. Шнековая технология позволяет уплотнить обратные засыпки фундаментов, создать вертикальные противофильтрационные завесы на оползневых склонах и вокруг подтопленных зданий, снизить сейсмичность оснований при новом строительстве и восстановлении зданий.

Для успешного применения указанных методов на территории Крыма потребуется более детальное изучение состава и структурных особенностей лёссовых грунтов этого региона. При этом неизбежно возникнут трудности с получением архивных и фондовых геолого-изыскательских материалов, которые остались в проектно-изыскательских и научных организациях г. Киева. По просьбе Правительства Крыма ученые и проектировщики СКФУ могут провести опытно-производственное опробование эффективных методов укрепления просадочных грунтов при строительстве новых объектов и реконструкции существующей застройки.

Выводы

1. Лёссовые просадочные грунты двух соседних регионов (Северного Кавказа и Крыма) можно считать единой лёссовой формаций, сформировавшейся в суровых (холодных и сухих) условиях плейстоцена – т.н. «тундро-степи», не имеющей аналога в современных ландшафтах Земли.
2. Имеющиеся опубликованные данные по лёссовым грунтам Крыма во многом противоречивы и недостаточны для обоснованного проектирования противопросадочных мероприятий для различных видов строительства, в том числе при реконструкции объектов Северо-Крымского канала.
3. При новом строительстве и, особенно, при реконструкции и восстановлении аварийных объектов в республике Крым могут быть полезными методы устранения просадочности, разработанные в Северо-Кавказском федеральном университете, и прошли проверку на многих объектах Юга России.

Библиографический список

1. Галай Б.Ф., Жуков Ю.П. Криогенные формы в лёссах Ставрополья // Инженерно-геологические процессы, явления и охрана

среды лёссовых территорий. Ташкент: ФАН, 1985. С. 156–158.
2. Галай Б.Ф., Сербин В.В., Плахтюкова В.С. Пособие по уплотнению просадочных лёссовых грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа (изыскания, проектирование, производство работ). Изд. 3-е, доп. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.
3. Галай Б.Ф., Сербин В.В., Плахтюкова В.С. и др. Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах. Изд. 3-е, доп. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.
4. Галай Б. Ф., Сербин В. В., Плахтюкова В. С., Галай О. Б. Генетический анализ покровных суглинков города Ставрополя // Наука. Инновации. Технологии. Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета, 2016. Вып. №1. С. 93–106.
5. Ларионов А.К., Штерн Л.Я. Расчленение лёссовых толщ Степного Крыма при инженерно-геологических изысканиях // Труды Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта, выпуск 90. Вопросы инженерной геологии, оснований и фундаментов. Новосибирск, 1969. С. 87–95.
6. Львова Е.В. Условия образования лёссовидных пород Степного Крыма // Материалы Всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода, том II. Четвертичные отложения Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР. С. 367–375.
7. Герасимов И.П., Величко А.А. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (атлас-монография). М.: Наука, 1982.
8. Рипский Е.В, Молодых И.И. Лёссовые породы европейской части СССР. Крым. М.: Наука, 1966. С. 64–80.
9. Штерн Л.Я. Состав, строение и инженерно-геологические свойства лёссовых пород Степного Крыма: автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук. Ленинград: Ленинградский гос. университет, 1970.

References

1. Galay B.F., Zhukov Yu.P. Kriogennye formy v lyessakh Stavropol'ya (Cryogenic forms in loess Stavropol) // Inzhenerno-geologicheskie protsessy, yavleniya i okhrana sredy lyessovykh territoriy. Tashkent: FAN, 1985. S. 156–158.
2. Galay B.F., Serbin V.V., Plakhtyukova V.S. Posobie po uplotneniyu prosadochnykh lyessovykh gruntov glubinnymi vzryvami v usloviyakh Severnogo Kavkaza (izyskaniya, proektirovanie, proizvodstvo rabot) (The manual compaction subsidence of loess soils deep explosions in the North Caucasus (research, design, production operations)). Izd. 3-e, dop. Stavropol': Severo-Kavkazskiy federal'nyy universitet, 2016.
3. Galay B.F., Serbin V.V., Plakhtyukova V.S. i dr. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu buronabivnykh gruntovykh svay, izgotovlennykh shnekovym sposobom v prosadochnykh i slabykh

gruntakh (Guidelines for Design and Construction of bored piles of ground, manufactured screw method in subsidence and soft ground). Izd. 3-e, dop. Stavropol': Severo-Kavkazskiy federal'nyy universitet, 2016.

4. Galay B.F., Serbin V.V., Plakhtyukova V.S., Galay O.B. Geneticheskiy analiz pokrovnykh suglinkov goroda Stavropolya (Genetic analysis covering loam city of Stavropol) // «Nauka. Innovatsii. Tekhnologii». Nauchnyy zhurnal Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta, 2016, Vypusk № 1, S. 93–106.
5. Larionov A.K., Shtern L.Ya. Raschlenenie lyessovykh tolshch Stepnogo Kryma pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh (The division of loess strata Steppe Crimea in geological engineering surveys) // Trudy Novosibirskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta, vypusk 90. Voprosy inzhenernoy geologii, osnovaniy i fundamentov. Novosibirsk, 1969. S. 87–95.
6. L'vova E.V. Usloviya obrazovaniya lyessovidnykh porod Stepnogo Kryma (The conditions of formation of loess-like rocks Steppe Crimea) // Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda, tom II. Chetvertichnye otlozheniya Evropeyskoy chasti SSSR. M.: izd-vo AN SSSR. S. 367–375.
7. Gerasimov I.P., Velichko A.A. Paleogeografiya Evropy za poslednie sto tysyach let (atlas-monografiya) (Paleogeography Europe for the last hundred thousand years (Atlas-Monograph)). M.: Nauka, 1982.
8. Ripskiy E.V, Molodykh I.I. Lyessovye porody evropeyskoy chasti SSSR (Loess European part of the USSR). Krym. M.: Nauka, 1966. S. 64–80.
9. Shtern L.Ya. Sostav, stroenie i inzhenerno-geologicheskie svoystva lyessovykh porod Stepnogo Kryma (The composition, structure and geotechnical properties of loess Steppe Crimea). Avtoreferat kandidatskoy dissertatsii k.g.-m.n. Leningradskiy gos. universitet, 1970.