

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-8-17

*Траутвайн А.И., Манохин А.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: trautvain@bk.ru

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ VAUSTAB НА ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТА

Аннотация. Как известно, в РФ наиболее распространены глинистые грунты, обладающие высокой связностью и прочностью в сухом и ничтожно малой в водонасыщенном состояниях. Для успешного использования таких грунтов в дорожном строительстве необходимо изменение их природных свойств. Для этих целей используется достаточно большая группа добавок – стабилизаторов грунтов на органической и неорганической основе, а также различные полимерные модификаторы. В работе исследовалось влияние стабилизирующей добавки Vaustab (производства ООО «НПП «ЗИПо»») на изменение влажности, водоудерживающей способности переувлажненного грунта, а также изменение максимальной плотности и оптимальной влажности модифицированного грунта на примере суглинки легкого песчанистого. Установлено, что использование добавки незначительно отражается на изменении влажности грунта с течением времени. Несмотря на это, грунт с добавкой Vaustab приобретает плотную консистенцию, становится более вязким, частично агрегируется, отделение воды не наблюдается. Исследование водоудерживающей способности от процентного соотношения стабилизирующей добавки Vaustab показало увеличение данного показателя по сравнению с грунтом без добавки в диапазоне от 3 до 7 %. Кроме того, использование добавки в составе грунта способствовало получению системы, обладающей высокой уплотняемостью, а, следовательно, и подвижностью уже при невысокой влажности модифицированного грунта. Влияние количества воды на изменение максимальной плотности модифицированного грунта, а, следовательно, и его уплотнение также незначительно. Такой грунт скорее всего будет подвержен минимальным просадкам и потере прочностных характеристик в осенне-весенний период. Такой грунт скорее всего будет подвержен минимальным просадкам и потере прочностных характеристик в осенне-весенний период.

Ключевые слова: дорожное строительство, стабилизация грунтов, добавка Vaustab производства ООО «НПП «ЗИПо»», водоудерживающая способность, гранулометрический состав, число пластичности, максимальная плотность, оптимальная влажность.

Введение. В настоящее время, транспортная стратегия РФ направлена на увеличение объемов и улучшение качества дорожного строительства, что должно привести к уменьшению смертности в результате ДТП, улучшению качества жизни и экономическому росту в целом. Для успешной реализации вышесказанного, есть необходимость применения новых отечественных и зарубежных инновационных решений в дорожном строительстве. При этом следует обратить внимание на те технологии, которые способствуют сокращению сроков строительства, удешевлению стоимости и возможности использования местных строительных материалов. Одним из таких направлений, позволяющим успешно решать стоящие перед страной инфраструктурные задачи, является технология стабилизации и укрепления грунтов, которая находит все более широкое распространение в мире [1–21].

Начиная с 20-х годов прошлого столетия, вопросом изучения грунтов, укрепленных различными вяжущими, занимались многие научные школы. Однако укрепление грунтов вяжущими

материалами различной природы не всегда способствует получению материала с заданными физико-механическими характеристиками. Это, в первую очередь, связано с тем, что грунт земляного полотна автомобильной дороги воспринимает не только нагрузку от транспортных средств и вышележащих конструктивных слоев дорожной одежды, но и подвержен воздействию погодно-климатических факторов. Наибольшее влияние на него оказывает проникающая в поры вода и процесс попеременного замерзания и оттаивания. Поэтому необходимо при укреплении грунтов увеличивать не только их прочностные характеристики, но и изменять водоотталкивающие действие за счет применения стабилизаторов.

Стабилизаторы – довольно обширный класс по составу и своей природе веществ, основная задача которых состоит в формировании свойств дорожно-строительных материалов. Применение стабилизаторов возможно практически во всех циклах дорожного и аэродромного строительства. По результатам исследований и опыту строительства с использованием стабилизаторов,

можно выделить ряд достоинств: они способствуют увеличению влагостойкости, плотности, морозостойкости грунтов, повышают модуль упругости конструктивного слоя, уменьшают затраты на земляные работы и использование дорожно-строительной техники [8–10].

Многолетние испытания в РФ и за рубежом показали, что с помощью гидрофобизирующих поверхностно-активных веществ (ПАВ) можно повысить водоустойчивость глинистых грунтов за счет нейтрализации сил поверхностного натяжения воды. Вместе с тем, перспективность использования ПАВ при стабилизации грунтов обусловлена их сравнительно низкой стоимостью, небольшим расходом, а также снижением потребности в вяжущих материалах. В последнее время ряд компаний активно продвигает различные новые добавки на основе кальция для стабилизации грунтов земляного полотна. Механизм действия этих коммерчески доступных добавок не всегда известен, а их запатентованный химический состав затрудняет прогнозирование их эффективности [12–21].

На сегодняшний день для строительства автомобильных дорог с использованием технологий стабилизации и укрепления грунтов на месте производства работ используется современная дорожно-строительная техника (ресайклеры,

грунтовые фрезы, передвижные грунтосмесительные установки и т.д.). Высокопроизводительное зарубежное оборудование может обеспечить большую точность дозирования материала в грунт, а также однородность смеси, тем самым улучшить качество и сроки выполняемых работ. В связи с этим в последнее время к стабилизаторам грунтов заметно возрос интерес специалистов-дорожников как у нас в стране, так и за рубежом [6, 7].

Материалы и методы. В качестве грунта использовался суглинок легкий песчанистый Белгородского района. Наименование грунта было определено по результатам испытаний на определение числа пластичности и его гранулометрическому составу, согласно ГОСТ 25100-2011 [22]. Влажность на границе раскатывания W_p (17,4 %), влажность на границе текучести W_L (26,86 %), а также число пластичности I_p (9,46) определяли по ГОСТ 5180-2015 [23]. Гранулометрический состав является важным параметром грунтов, дающим возможность оценить его физико-механические свойства. В данном исследовании использовался ситовой метод определения гранулометрического состава (табл. 1) с промывкой водой. Метод основан на разделении грунта по фракциям при просеивании его через набор стандартных сит с размерами отверстий 10; 5; 2; 1; 0,25; 0,1 мм [24].

Таблица 1

Гранулометрический состав

Размер фракций, мм	Частные остатки		Полные остатки, %
	г	%	
5 – 2	0,02	0,02	0,02
2 – 1	0,26	0,26	0,28
1 – 0,5	2,93	2,93	3,19
0,5 – 0,25	9,14	9,14	12,07
0,25 – 0,1	31,20	31,20	40,34
< 0,1	56,45	56,45	50,13
Всего:	100	100	–

Для обеспечения устойчивости земляного полотна и предотвращения осадок грунт необходимо уплотнять при оптимальной влажности до максимальной плотности. Количество прилагаемых усилий, необходимых для уплотнения грунта напрямую зависит от его влажности. Плотность скелета грунта будет увеличиваться до определенной границы вместе с увеличением влажности грунта, после чего пойдет на спад [25–26]. Физические значения влажности грунта при максимальной плотности скелета грунта называются оптимальными и определяются согласно ГОСТ 22733-2016 [27].

По графику зависимости плотности грунта от его влажности (рис. 1) можно сделать вывод,

что максимальная плотность грунта $\rho_{max} = 1,82 \text{ г/см}^3$ достигается при его оптимальной влажности $W_{opt} = 15,15 \%$.

Водоудерживающую способность грунта определяли по ГОСТ 5802-86 [28] путём испытания слоя смеси, толщиной 12 мм, уложенного на промокательную бумагу. При проведении испытания 10 листов промокательной бумаги взвешивают с погрешностью до 0,01 г, укладывают на стеклянную пластину, сверху накладывают марлю, устанавливают сверху кольцо и ещё раз взвешивают. Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, взвешивают и оставляют на 10 мин. Далее снимают всю конструкцию вместе с

раствором. Водоудерживающую способность

находят, как разность масс промокательной бумаги в начале и в конце эксперимента.

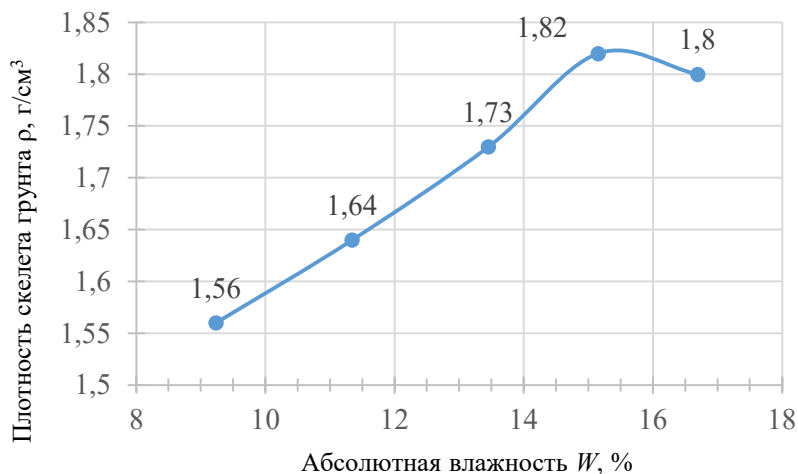


Рис. 1. График зависимости плотности грунта от влажности

В качестве стабилизирующей добавки использовали модификатор торговой марки *Baustab* производства ООО «НПП «ЗИПо»». Данная добавка была специально разработана для стабилизации грунтов от туннельной проходки, обладающих высокой влажностью и, в связи с этим, не пригодных для транспортировки и дальнейшего использования в строительстве.

Добавка представляет собой порошок мо-

лочного-белого цвета, проход частиц грунта через сито 0,071 мм составляет более 95 %. Химический состав добавки представлен в табл. 2. Данный анализ проводился с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра. Стоит отметить, что данный состав является не точным, так как в порошке присутствовали соединения, которые не были определены в ходе исследования. Однако основной компонент добавки – это оксид кальция (более 93 %).

Таблица 2

Химический состав добавки *Baustab*

Compound	m/m%	Compound	m/m%	Compound	m/m%	Compound	m/m%
CaO	93,75000	Fe ₂ O ₃	0,38000	Na ₂ O	0,06300	SO ₃	0,01250
SiO ₂	3,69000	P ₂ O ₅	0,21000	MnO	0,05250	PuO ₂	0,00920
Al ₂ O ₃	1,02000	SrO	0,14400	TiO ₂	0,03930	V ₂ O ₅	0,00640
MgO	0,53200	K ₂ O	0,06980	Ar	0,01600	Sc ₂ O ₃	0,00430

Основная часть. На первом этапе выполнения работы было исследовано изменение влажности грунта при введении добавки в переувлажненный грунт в количестве 3 и 6 % по массе сухого скелета грунта. В работе использовали грунт с влажностью на 50 %, 100 % и 150 % выше оптимальной. Так, в последнем случае грунт представлял собой подвижную субстанцию, а его влажность превышала влажность на границе текучести. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Исходя из представленных результатов видно, что использование добавки незначительно отражается на изменении влажности грунта с течением времени. Так, при введении 3 % стабилизирующей добавки *Baustab* в грунт, увлажненный на 50 % выше оптимальной влажности, влажность грунта снизилась с 18,7 до 16,5 %, что составляет 2,2 % в течении часа.

Грунт, переувлажненный на 100 % так же показал суммарное падение влажности на 1,8 %. При увеличении степени переувлажнения грунта на 150 % хочется отметить падение влажности на 1,5 % в первые 15 минут, но итоговое падение составляет 2,1 %, что сопоставимо с предыдущими результатами падения влажности переувлажненного грунта (+ 50 %, +100 %, +150 % от $W_{\text{опт}}$).

При введении 6 % добавки от массы сухого скелета грунта, переувлажненного на 50 % наблюдается падение влажности в течении часа на 2,9 % – с 17,0 до 14,1 %. Грунт, переувлажненный на 100 % при том же количестве стабилизирующей добавки, показал плавное падение влажности с 23,0 до 21,0 %, что составило 2,0 %. При увеличении степени переувлажнения грунта на 150 % суммарное падение влажности в течении часа составляет 1,3 % – с 28,6 до 27,3 %. Хочется отметить, что дальнейшее падение влажности в

течении 23 часов является незначительным и со-

ставляет 0,8; 0,6; и 0,5 % для грунта, переувлажненного на 50, 100 и 150 % соответственно.

Таблица 3

Изменение влажности грунта с течением времени

Время, Т	Количество добавки Baustab по массе сухого скелета грунта					
	3 %			6 %		
	Степень переувлажнения от $W_{\text{опт}}$					
	+ 50 %	+ 100 %	+ 150 %	+ 50 %	+ 100 %	+ 150 %
0 мин	18,7	24,2	28,5	17,0	23,0	28,6
15 мин	18,2	23,6	26,9	16,2	22,5	28,6
30 мин	17,7	22,2	26,8	15,6	21,8	27,8
45 мин	16,9	23,1	26,5	15,2	21,5	27,4
60 мин	16,5	22,3	26,4	14,1	21,0	27,3
24 часа	-	-	-	13,4	20,3	26,8

Таким образом, изменение влажности грунта при введении различного количества добавки составило 1–3 %. Это изменение возможно связано лишь с испарением воды с поверхности модифицированного грунта при перемешивании грунта с добавкой.

Несмотря на полученные результаты, грунт

с добавкой Baustab приобретал плотную консистенцию, становился более вязким, частично агрегировался, отделение воды не наблюдалось. Причем сорбционную способность добавки можно было визуально наблюдать в первые 10 минут после ее введения в состав грунта (рис. 2).



Рис. 2. Грунт с добавкой Baustab

Исходя из этого, можно сделать вывод, что добавка притягивает и удерживает на себе излишки воды, находящейся между частицами грунта, как губка, то есть физико-химически связывает воду. Этому может способствовать наличие гидрофильных групп, которые и делают добавку гигроскопичной. Физико-химически связанная вода играет важную роль в процессах уплотнения грунта земляного полотна, так как

она является пластификатором, ослабляет межмолекулярные связи частиц грунта. Наличие же свободной жидкости в капиллярах грунта способствует созданию дополнительных напряжений структуры грунта и отсутствие возможности качественного его уплотнения.

Далее было проведено исследование влияния добавки на водоудерживающую способность грунта, переувлажненного на 150 % от оптималь-

ной влажности. Оценку проводили путем внесения добавки в переувлажненный грунт в количестве 1, 3, 6, 9 и 12 % по массе сухого скелета грунта. Водоудерживающая способность представлена на рис. 3.

Исследования показали увеличение данного показателя по сравнению с грунтом без добавки

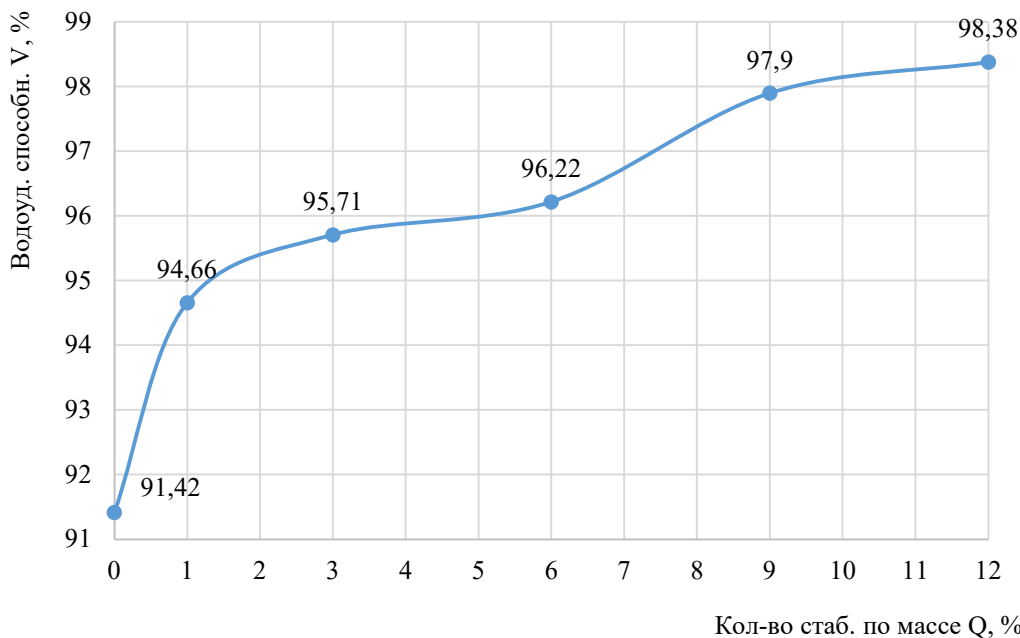


Рис. 3. Зависимость водоудерживающей способности от процентного соотношения стабилизирующей добавки Baustab

Данный показатель может положительно отразиться на прочности укрепленного цементом грунта в присутствии модификатора Baustab. То есть добавка способствует удержанию достаточного количества воды для нормального твердения цементного вяжущего.

Третьим этапом исследования было определение максимальной плотности и оптимальной влажности при различном процентном соотношении стабилизирующей добавки Baustab к массе исследуемого грунта (3, 6, 9 %). График зависимости плотности скелета грунта от влажности представлен на рисунке 4.

Данный показатель является одним из важнейших в дорожном строительстве и требует к себе особого внимания, так как для обеспечения устойчивости земляного полотна и предотвращения осадок грунт необходимо уплотнять при оптимальной влажности до максимальной плотности.

По графику зависимости плотности грунта от его влажности (рис. 4) видно, что максимальная плотность грунта при добавлении 3 % Baustab равна $\rho_{max} = 1,61 \text{ г/см}^3$ и достигается при его оптимальной влажности $W_{opt} = 9,2 \%$; при добавлении 6 % Baustab – $\rho_{max} = 1,59 \text{ г/см}^3$ и достигается при его оптимальной влажности $W_{opt} =$

на 3,2; 4,3; 4,8; 6,5; и 6,9 % соответственно. По графику зависимости водоудерживающей способности от процентного соотношения стабилизирующей добавки, представленном на рисунке 3, хочется отметить «скачок» данного показателя с 91,42 % до 94,66 % при добавлении всего 1 % Baustab в грунт.

7,0 %; при 9 % Baustab $\rho_{max} = 1,59 \text{ г/см}^3$ при влажности $W_{opt} = 5,5 \%$. Проведенные испытания на определение максимальной плотности и оптимальной влажности грунта в процентном соотношении 3 %, 6 % и 9 % Baustab к массе испытываемого грунта показали уменьшение оптимальной влажности на 6 % и более относительно исходного грунта. При этом максимальная плотность не зависимо от количества добавки снизилась на $0,2 \text{ г/см}^3$ и составила в среднем $1,6 \text{ г/см}^3$. Исходя из этого, введение добавки в состав грунта приводит к снижению уплотняемости грунта. Однако, стоит обратить внимание на то, что использование добавки в составе грунта позволяет снизить влияние воды на уплотнение грунта, то есть график зависимости носит менее экстремальный характер. Грунт, содержащий 9 % Baustab при небольшой влажности (5,5 %) приобретает максимальную плотность ($1,59 \text{ г/см}^3$) и сохраняет ее при дальнейшем увеличении количества воды. Такой грунт теряет свою плотность только при увлажнении грунта более 10 %. Введение в исходный грунт меньшего количества добавки Baustab (3 и 6 %) лишь немного изменяет вышеописанные результаты исследований. Так графики изменения максимальной плотности в результате увеличения влажности грунта с исполь-

зованием 3 и 6 % Baustab носят чуть более выпуклый характер по сравнению с грунтом, содержащим 9 % модификатора. Но влияние водной составляющей на уплотнение грунта также незначительно. Исходя из этого следует, что плотность грунта земляного полотна, модифицированного добавкой Baustab, будет минимально подвержена

влиянию воды относительно исходного. Это положительно отразится на его разуплотнении в неблагоприятный осенне-весенний период эксплуатации автомобильной дороги. Такой грунт скорее всего будет подвержен минимальным просадкам и потере прочностных характеристик.

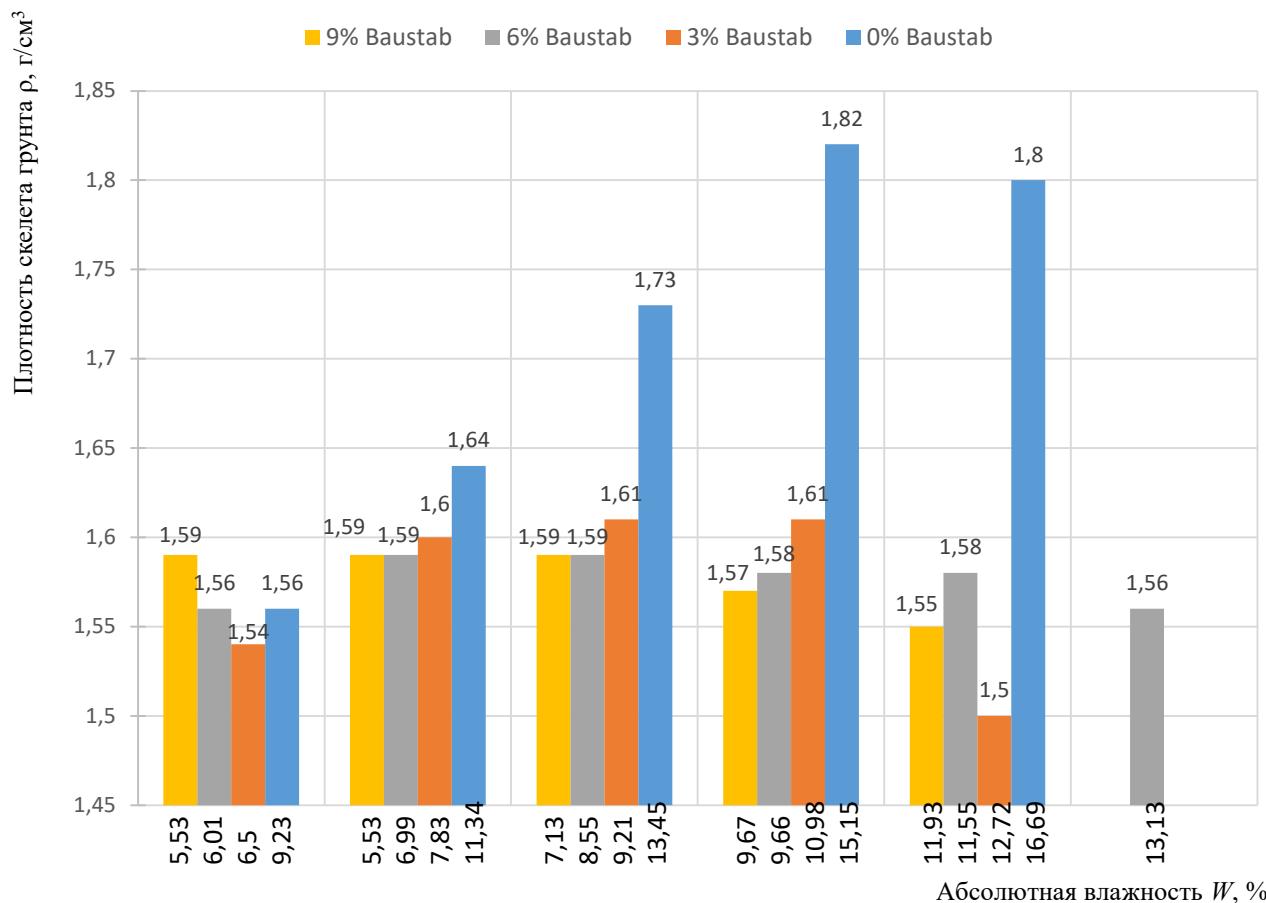


Рис. 4. График зависимости плотности грунта от влажности

Анализ изменения оптимальной влажности грунта при введении различного количества добавки показывает, что для достижения максимальной плотности исходному грунту необходимо значительно большее количество воды (около 15 %) по сравнению с грунтом, модифицированным Baustab (требуется от 5,5 до 9,2 % воды в зависимости от количества модификатора). Водная составляющая грунта способствует увеличению подвижности частиц системы, увеличивая их уплотняемость. При достижении определенного количества воды плотность грунта снижается, то есть ее избыток приводит к разрыву связей между зернами грунта, пространство между которыми заполняется водой. Использование добавки в составе грунта способствует получению системы, обладающей высокой уплотняемостью, а, следовательно, и подвижностью уже при невысокой влажности мо-

дифицированного грунта. Более того, полученный грунт не теряет достигнутую максимальную плотность в широком диапазоне изменения количества воды в системе.

Выводы. Проведенные испытания стабилизирующей добавки Baustab показали целесообразность ее использования при укреплении грунтов для дорожного строительства, в частности, в качестве стабилизатора переувлажненного грунта. В работе использовали грунт с влажностью на 50 %, 100 % и 150 % выше оптимальной.

Изменение влажности грунта при введении различного количества добавки составило 1–3 %. Это изменение возможно связано лишь с испарением воды с поверхности модифицированного грунта при перемешивании грунта с добавкой. Несмотря на полученные результаты, грунт с добавкой Baustab приобретал плотную консистенцию, становился более вязким, частично агрегировался, отделение воды не наблюдалось. Исходя

из этого, можно сделать вывод, что добавка притягивает и удерживает на себе излишки воды, находящейся между частицами грунта, как губка, то есть физико-химически связывает воду.

Исследования зависимости водоудерживающей способности от процентного соотношения стабилизирующей добавки *Baustab* показали увеличение данного показателя по сравнению с грунтом без добавки в диапазоне от 3 до 7 % соответственно. Хочется отметить «скачок» данного показателя с 91,42 % до 94,66 % при добавлении всего 1 % *Baustab* в грунт. Увеличение водоудерживающей способности грунта в присутствии модификатора *Baustab* может положительно отразиться на прочности укрепленного цементом грунта. То есть добавка будет способствовать удержанию достаточного количества воды для нормального твердения цементного вяжущего.

Проведенные испытания на определение максимальной плотности и оптимальной влажности грунта в процентном соотношении 3 %, 6 % и 9 % *Baustab* к массе испытываемого грунта показали уменьшение оптимальной влажности на 6 % и более относительно исходного грунта. При этом максимальная плотность не зависимо от количества добавки снизилась на 0,2 г/см³ и составила в среднем 1,6 г/см³. Исходя из этого, введение добавки в состав грунта приводит к снижению уплотняемости грунта. Однако, стоит обратить внимание на то, что использование добавки в составе грунта позволяет снизить влияние воды на уплотнение грунта. Использование добавки в составе грунта способствует получению системы с максимальной плотностью уже при невысокой влажности модифицированного грунта. Более того, полученный грунт не теряет достигнутую максимальную плотность в широком диапазоне изменения количества воды в системе. Это положительно отразится на его разуплотнении в неблагоприятный осенне-весенний период эксплуатации автомобильной дороги. Такой грунт скорее всего будет подвержен минимальным просадкам и потере прочностных характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонова Е.Н., Босов А.И. Особенности применения технологии стабилизации и укрепления грунтов в Российской Федерации // Дорожные. 2015. №5. С. 25–35.
2. Фурсов С.Г. Как укрепить грунт // Автомобильные дороги. 2010. №5. С. 78–82.
3. Пономарев А.Д., Даляев Н.Ю. Инновационные методы стабилизации и укрепления грунтов. Глубинная стабилизация // III Международная научно-практическая конференция. Сборник статей в 4-х частях. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2017. С. 112–116.
4. Егоров Г.В., Андреева А.В., Буренина О.Н. Укрепление местных грунтов стабилизатором при строительстве автомобильных дорог в условиях Севера // Дороги и мосты. 2013. № 1(29). С. 21–28.
5. Жуков Ю.Г. Укрепление грунтов // Автомобильные дороги. 2018. №8. С. 106–108.
6. Фурсов С.Г. Основные направления исследований укрепленных грунтов для конструктивных слоев дорожных одежд // Транспортное строительство. 2007. №1. С. 74–75.
7. Восканянц К.Е. Разработка составов и технологий укрепления и стабилизации грунтов для автодорожного строительства // Научные исследования. 2018. № 6. С. 23–25.
8. Абрамова Т.Т., Босов А.И., Валиева К.Э. Стабилизаторы грунтов в отечественном и дорожном аэродромном строительстве // Дороги и мосты. 2013. №2. С. 60–84.
9. Абрамова Т.Т., Босов А.И., Валиева К.Э. Использование стабилизаторов для улучшения свойств связных грунтов // Геотехника. 2012. № 3. С. 4–28.
10. Жумабаев А.Ж., Пушкарева Г.В. Упрочнение глинистых грунтов введением комплексных стабилизирующих добавок // 65-я Юбилейная университетская научно-техническая конференция студентов и молодых ученых (УНТК-2019). Сборник докладов. Томский государственный архитектурно-строительный университет. 2019. С. 267–270.
11. Загородных К.С., Кукина О.Б. Анализ проблемы укрепления глинистых грунтов // Научный вестник ВГАСУ. 2015. № 9. С. 55–63.
12. Negi A.S. et al. Soil stabilization using lime // International journal of innovative research in science, engineering and technology. 2013. Т. 2. №. 3. Pp. 448–453.
13. Onyejekwe S., Ghataora G.S. Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: Sulphonated oil and a polymer // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2015. Т. 74. №. 2. Pp. 651–665.
14. Tabarsa A. et al. Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay—A sustainable material for construction // Construction and Building Materials. 2018. Т. 158. Pp. 454–463.
15. Rashid A.S.A. et al. Sustainable improvement of tropical residual soil using an environmentally friendly additive // Geotechnical and Geological Engineering. 2017. Т. 35. №. 6. Pp. 2613–2623.
16. Latifi N. et al. Tropical residual soil stabilization: A powder form material for increasing soil

strength // Construction and Building Materials. 2017. Т. 147. Pp. 827–836.

17. Latifi N. et al. Sustainable improvement of clays using low-carbon nontraditional additive // International Journal of Geomechanics. 2018. Т. 18. №. 3. Pp 49–52.

18. Hassan W.H.W. et al. Strength and morphological characteristics of organic soil stabilized with magnesium chloride // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 2017. Т. 50. №. 4. Pp. 454–459.

19. Cuisinier O., Auriol J.C., Borgne T. Le., Deneele D. Microstructure and hydraulic conductivity of a compacted lime-treated soil // Engineerig Geology. 2011. № 123. Pp. 187–193.

20. Eisazadeh A., Kassim K.A., Nur H. Solid-state NMR and FTIR studies of lime stabilized montmorillonitic and lateritic clays // Applied Clay Science. 2012. № 67. Pp. 5–10.

21. Eisazadeh A., Kassim K.A., Nur H. Stabilization of tropical kaolin soil with phosphoric acid and lime // Natural Hazards, 2012. № 61, Pp. 931–942.

22. Trautvain A., Akimov A., Yakovlev E. Improvement of Properties of the Argillaceous Soils When Using Additives "Chimston" in Combination

with Inorganic Astringent // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 136–140.

23. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Введ.: 2013-01-01. М.: Стандартиформ, 2018. 77 с.

24. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Введ.: 2016-04-01. М.: Стандартиформ, 2019. 24 с.

25. Саркисов Г.А., Григорьева И.Ю. К вопросу о методике оценки влажности и водоудерживающей способности нефтезагрязненных дисперсных грунтов // Инженерная геология. 2017. №5. С. 14–25.

26. Смагин А.В., Садовникова Н.Б. О физических вопросах водоудерживания и динамики дисперсности в почвах, грунтах и коллоидно-дисперсных материалах // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2017. №4. С. 4–20.

27. ГОСТ 22733-2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. Введ.: 2017-01-01. М.: Стандартиформ, 2016. 12 с.

28. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний. Введ.: 1986-07-01. М.: Стандартиформ, 2010. 14 с.

Информация об авторах

Траутвайн Анна Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: trautvain@bk.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Манохин Артём Владимирович, магистрант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: manokhin-89@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 10.04.2020

© Траутвайн А.И., Манохин А.В., 2020

**Trautvain A.I., Manokhin A.V.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: trautvain@bk.ru*

INFLUENCE OF BAUSTAB STABILIZING ADDITIVE ON CHANGES IN SOIL WATER RETENTION CAPACITY

Abstract. Clay soils are the most common in the Russian Federation; they have high connectivity and strength in the dry state and low strength in the water-saturated condition. To successfully use such soils in road construction, it is necessary to change their natural properties. For these purposes, a fairly large group of additives is used – organic and inorganic-based soil stabilizers, as well as various polymer modifiers. The paper investigates the influence of the Baustab stabilizing additive ((manufactured by NPP ZIPo LLC) on the change in humidity, water-holding capacity of waterlogged soil, as well as the change in the maximum density and optimal humidity of modified soil on the example of light sandy loam. It has been found that the use of additive has little effect on changes in soil moisture over time. Despite this, the soil with Baustab additive acquires a dense texture, becomes more viscous, partially aggregates and water separation is not observed. A study of the water retention capacity from the percentage of stabilizing additives Baustab shows an increase in this indicator compared to the soil without additives in the range from 3 to 7%. In addition, the use of additives in the composition of the soil contributed to the production of a system with high compaction and

mobility even at low humidity of the modified soil. The influence of the water component on the compaction of the modified soil is also insignificant. Such soil is likely to be subject to minimal subsidence and loss of strength characteristics in the autumn-spring period.

Keywords: road construction, soil stabilization, Baustab additive manufactured by NPP ZIPo LLC, water holding capacity, particle size distribution, plasticity number, maximum density, optimal humidity.

REFERENCES

1. Antonova E.N., Bosov A.I. Features of the application of stabilization and soil stabilization technology in the Russian Federation [Osobennosti primeneniya tekhnologii stabilizacii i ukrepleniya gruntov v Rossijskoj Federacii]. Road builders. 2015. No. 5. Pp. 25–35. (rus)
2. Fursov S.G. How to strengthen the soil [Kak ukrepit' grunt]. Highways. 2010. No. 5. Pp. 78–82. (rus)
3. Ponomarev A.D., Dalyaev N.Yu. Innovative methods of stabilization and strengthening of soils. Deep stabilization [Innovacionnye metody stabilizacii i ukrepleniya gruntov. Glubinnaya stabilizaciya] III International scientific-practical conference. Collection of articles in 4 parts. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2017. Pp. 112–116. (rus)
4. Egorov G.V., Andreeva A.V., Burenina O.N. Strengthening local soils with a stabilizer in the construction of roads in the North [Ukreplenie mestnyh gruntov stabilizatorom pri stroitel'stve avtomobil'nyh dorog v usloviyah Severa]. Roads and bridges. 2013. No. 1 (29). Pp. 21–28. (rus)
5. Zhukov Yu.G. Strengthening soil [Ukreplenie gruntov]. Highways. 2018. No. 8. Pp. 106–108. (rus)
6. Fursov S.G. The main directions of research of fortified soils for structural layers of pavement [Osnovnye napravleniya issledovanij ukreplennyh gruntov dlya konstruktivnyh sloev dorozhnyh odezhd]. Transport construction. 2007. No. 1. Pp. 74–75. (rus)
7. Voskanyants K.E. Development of compositions and technologies for strengthening and stabilizing soils for road construction [Razrabotka sostavov i tekhnologij ukrepleniya i stabilizacii gruntov dlya avtodorozhnogo stroitel'stva]. Scientific research. 2018. No. 6. Pp. 23–25. (rus)
8. Abramova T.T., Bosov A.I., Valieva K.E. Soil stabilizers in domestic and road airfield construction [Stabilizatory gruntov v otechestvennom i dorozhnom aerodromnom stroitel'stve]. Roads and bridges. 2013. No. 2. Pp. 60–84. (rus)
9. Abramova T.T., Bosov A.I., Valieva K.E. The use of stabilizers to improve the properties of cohesive soils [Ispol'zovanie stabilizatorov dlya uluchsheniya svoystv svyaznyh gruntov]. Geotechnics. 2012. No. 3. Pp. 4–28. (rus)
10. Zhumabaev A.Zh., Pushkareva G.V. Strengthening clay soils by introducing complex stabilizing additives [Uprochnenie glinistykh gruntov vvedeniem kompleksnykh stabiliziruyushchih do-bavok]. 65th Anniversary University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists (UNTK-2019). Collection of reports. Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2019. Pp. 267–270. (rus)
11. Zagorodnykh K.S., Kukina O.B. Analysis of the problem of strengthening clay soils [Analiz problema ukrepleniya glinistykh gruntov]. Vestnik VSUAC. 2015. No. 9. Pp. 55–63. (rus)
12. Negi A.S., Mohhamed Faizan., Siddharth D.P., Singh R. Soil stabilization using lime. International journal of innovative research in science, engineering and technology. 2013. Vol. 2. Is. 2. Pp. 448–453. doi: 10.1617/s11527-015-0564-z.
13. Onyejekwe S., Ghataora G. S. Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: Sulphonated oil and a polymer. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2015. Vol. 74. No. 2. Pp. 651–665. doi: 10.1007/s10064-014-0667-8.
14. Tabarsa A., Latifi N., Meehan C.L., Manahiloh K.N. Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay – A sustainable material for construction. Construction and Building Materials. 2018. Vol. 158. Pp. 454–463. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.096.
15. Rashid A.S.A., Latifi N., Meehan C.L., Manahiloh K.N. Sustainable improvement of tropical residual soil using an environmentally friendly additive. Geotechnical and Geological Engineering. 2017. Vol. 35. No. 6. Pp. 2613–2623. doi: 10.1007/s10706-017-0265-1.
16. Latifi N., Eisazadeh A., Marto A., Meehan C.L. Tropical residual soil stabilization: A powder form material for increasing soil strength. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 147. Pp. 827–836. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.115.
17. Latifi N., Vahedifard F., Ghazanfari E., Horpibulsuk S. Sustainable improvement of clays using low-carbon nontraditional additive. International Journal of Geomechanics. 2018. Vol. 18. No. 3. Pp. 49–52. doi: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001086.
18. Hassan W.H.W., Rashid A.S.A., Latifi N., Borhamdin S. Strength and morphological characteristics of organic soil stabilized with magnesium chloride. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 2017. Vol. 50. No. 4. Pp. 454–459. doi: 10.1144/qjegh-2016.124.

19. Cuisinier O., Auriol J.C., Borgne T. Le., Deneele D. Microstructure and hydraulic conductivity of a compacted lime-treated soil. *Engineering Geology*. 2011. No. 123. Pp. 187–193. doi: 10.16/j.enggeo.2011.07.010.

20. Eisazadeh A., Kassim K. A., Nur H. Solid-state NMR and FTIR studies of lime stabilized montmorillonitic and lateritic clays. *Applied Clay Science*. 2012. No. 67. Pp. 5–10. doi: 10.1016/j.clay.2012.05.006.

21. Eisazadeh A., Kassim K. A., Nur H. Stabilization of tropical kaolin soil with phosphoric acid and lime. *Natural Hazards*, 2012. No. 61. Pp. 931–942. doi: 10.1007/s11069-011-9941-2.

22. Trautvain A., Akimov A., Yakovlev E. Improvement of Properties of the Argillaceous Soils When Using Additives "Chimston" in Combination with Inorganic Astringent. *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945. Pp. 136-140. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.136.

23. State Standard 25100-2011. Soils. Classification [Grunty. Klassifikaciya]. Introduction: 2013-01-01. M.: Standartinform, 2018. 77 p. (rus)

24. State Standard 5180-2015. Soils. Laboratory methods for determining physical characteristics [Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya

fizicheskikh harakteristik]. Introduction: 2016-04-01. M.: Standartinform, 2019. 24 p. (rus)

25. Sarkisov G.A., Grigoryeva I.Yu. To the question of the methodology for assessing humidity and water holding capacity of oil-contaminated dispersed soils [K voprosu o metodike ocenki vlahznosti i vodouderzhivayushchej sposobnosti neftezagryaznennykh dispersnykh gruntov]. *Engineering Geology*. 2017. No. 5. Pp. 14–25. (rus)

26. Smagin A.V., Sadovnikova N.B. On the physical issues of water retention and dispersion dynamics in soils, soils, and colloidal dispersed materials [O fizicheskikh voprosah vodouderzhivaniya i dinamiki dispersnosti v pochvah, gruntah i kolloidno-dispersnykh materialah]. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. 2017. No. 4. Pp. 4–20. (rus)

27. State Standard 22733-2016. Soils. Laboratory method for determining the maximum density [Grunty. Metod laboratornogo opredeleniya maksimal'noj plotnosti]. Introduction: 2017-01-01. M.: Standartinform, 2016. 12 p. (rus)

28. State Standard 5802-86. Building solutions. Test methods [Rastvory stroitel'nye. Metody ispytaniy]. Introduction: 1986-07-01. M.: Standartinform, 2010. 14 p. (rus)

Information about the authors

Trautvain, Anna I. PhD., Assistant professor. E-mail: trautvain@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Manokhin, Artem V. Master student. E-mail: manokhin-89@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 10.04.2020

Для цитирования:

Траутвайн А.И., Манохин А.В. Влияние стабилизирующей добавки Baustab на изменение водоудерживающей способности грунта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 6. С. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-8-17

For citation:

Trautvain A.I., Manokhin A.V. Influence of baustab stabilizing additive on changes in soil water retention capacity. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2020. No. 6. Pp. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-8-17