

УДК 624.131.4

Е.А. Вознесенский¹

ОБЩАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Рассмотрены возможные подходы к классифицированию техногенных грунтов в рамках общей классификации грунтов в связи с актуализацией одного из основополагающих нормативных документов. Проанализированы возможный генезис техногенных грунтов и основные факторы, определяющие генезис их свойств. Сформулированы признаки классифицирования техногенных грунтов и выстроена их иерархия. В итоге представлена общая классификация техногенных грунтов, составившая основу их классифицирования в обновленном документе.

Ключевые слова: техногенные грунты, классификация, генезис, таксон, измененные грунты, перемещенные грунты, антропогенные грунты.

Possible approaches to the classification of technogenic soils in the framework of their general classification system are discussed in connection with the revision of one of the basic standards. Eventual genesis of technogenic soils and primary factors determining the origin of their properties are analyzed. Classification attributes of technogenic soils and their hierarchy are presented. Paper results in the development of general classification of technogenic soils comprising the basis for their standard classification system.

Key words: technogenic soils, classification, genesis, taxon, grouted soils, displaced soils, anthropogenic soils.

Введение. В любой науке наибольшее количество споров и возражений вызывают, пожалуй, не представления о природе наблюдаемых явлений, которые для определенной парадигмы этой науки исследователи понимают более или менее одинаково (если вообще понимают), и даже не содержание понятий, а их словесные определения, т.е. термины. И это неизбежно, ведь термины — основа языка науки, а терминология все время меняется вместе с изменениями любого языка. И, прочитав сегодня определения многих хорошо известных понятий, принятых 100 и более лет назад, можно даже сразу и не узнать эти понятия. Мы привыкаем к терминам, которые были общеприняты какое-то время назад, и с трудом принимаем новые. На самом деле у каждого ученого есть отчасти своя терминология в его области, даже если содержание понятий такое же, как у его коллег. Это сразу проявляется, например, при согласовании нового нормативного документа, при сравнении терминологических словарей, составленных разными авторами, и т.д. Так было и будет всегда, однако для научных текстов важно, чтобы термин выражал вполне определенный объем понятия, адекватно воспринимаемый всеми членами научного сообщества. А для этого следует спорные или не вполне однозначные термины определять, чтобы спор — если он нужен — шел не о слове, которое может кому-то казаться не-

подходящим, а об объеме понятия, стоящего за этим словом.

Все сказанное выше в полной мере относится и к грунтоведению. Поэтому сразу уточним, что здесь и далее под **техногенными** автор понимает грунты, измененные, перемещенные или заново образованные в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека. Термин **«искусственные грунты»** автор считает полным синонимом грунтов техногенных и полагает поэтому, что в научных текстах следует избегать их параллельного употребления. И наконец, под **антропогенными грунтами** автор понимает возникшие в результате деятельности человека породоподобные образования (культурные слои, твердые бытовые и промышленные отходы, другие искусственные материалы), рассматриваемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Иногда задают чисто формальный вопрос: а в какой мере должен быть изменен грунт, чтобы он стал уже техногенным? Будем реалистами — в той мере, когда неизбежно придется учитывать эти изменения в интересах инженерно-хозяйственной деятельности, вне зависимости от того, вызваны они целенаправленно или стали побочным результатом этой деятельности. В значительной мере ответ на этот вопрос недостаточно сведущим людям и должна дать общая классификация техногенных грунтов, отражающая структуру и объем понятия.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, профессор; *e-mail*: arnoldych@gmail.com

Но только в том случае, если она построена логически непротиворечиво, потому что, наверное, классификации — следующий по спорности элемент научных текстов после терминов.

Эта статья возникла по следам работы над новой («актуализированной») редакцией чрезвычайно важного в практике инженерных изысканий документа — межгосударственного стандарта ГОСТ 25100 «Грунты. Классификация» — и участия автора в разработке и согласовании его окончательной редакции. Поскольку в итоговом документе техногенные грунты классифицированы не так, как следует с позиций современного грунтоведения, то автор обосновывает и предлагает свой вариант такой классификации.

Общая классификация грунтов и место в ней грунтов техногенных. Общая классификация грунтов должна отражать полное планетарное многообразие грунтов в виде логически непротиворечивой иерархической системы. Такая классификация — важный инструмент развития теории и методологии грунтоведения, основа для разработки практически ориентированных частных классификаций грунтов. Научные основы создания таких классификаций и их исчерпывающий обзор представлены В.Т. Трофимовым в [Трофимов и др., 2005]. Разумеется, нельзя считать, что «правильная» общая классификация может быть только одна — их и было создано много, при этом за основу деления их авторы принимали разные признаки и разную их иерархию.

В настоящее время наиболее широко используются 2 общие классификации грунтов — одна из них создана на теоретико-методологической основе современного грунтоведения, входит в базовые учебники по этому предмету, ее и преподают студентам, изучающим дисциплину в рамках классического геологического образования. Эта классификация эволюционировала из общей классификации Е.М. Сергеева, В.А. Приклонского, П.Н. Панюкова и Л.Д. Белого [1957], дорабатывалась сначала Е.М. Сергеевым, а затем В.Т. Трофимовым и Р.С. Зиангировым [Зиангиров, Трофимов, 1995]. На основе предложенного подхода к ее разработке были созданы и общие классификации грунтов в ГОСТ 25100-82 и ГОСТ 25100-95.

Вторая — тоже общая — классификация грунтов регламентируется сейчас в межгосударственном стандарте ГОСТ 25100-2011 и обязательна к применению при проведении инженерных изысканий для строительства в России, Белоруссии и Казахстане. Различаются они не только в части представления техногенных грунтов, но здесь будет рассмотрен только этот вопрос, так как споры по другим пунктам могут быть бесконечны.

«Грунтоведческая» классификация обособляет техногенные грунты на самом первом этапе деления родового понятия «грунт», выделяя два «цар-

ства» — природные и техногенные грунты «по общим особенностям образования», т.е. по генезису. И это принципиально правильно, поскольку сразу позволяет разделить два обширных множества грунтов в соответствии с основным законом грунтоведения: «Состав, строение и свойства грунтов определяются их генезисом, постгенетическими изменениями и пространственным положением» [Трофимов и др., 2005, с. 54]. Некоторым специалистам не нравится слово «царство», но ведь можно назвать этот таксон и по-другому — надклассом, категорией и т.д.

«Нормативная» же общая классификация действующего пока ГОСТ 25100-2011 выделяет техногенные грунты тоже по генетическому признаку, но в ранге типа. Таким образом, в каждом классе — скальных, дисперсных и мерзлых грунтов — появляются грунты техногенные с соответствующим типом преобладающих структурных связей. И что же тут плохого по смыслу? Да ничего, в общем это не ошибка. Однако такое выделение техногенных грунтов в классификации, построенной в виде «древа», не позволяет отразить в ней реальное многообразие этого множества по другим важным признакам, а значит, классификация в этой части не выполняет свое назначение — не помогает ищущему в отнесении объекта к определенной разновидности и не указывает, какими частными классификациями для характеристики этого грунта ему следует воспользоваться.

Рассмотрим, как сформулировано понятие «виды»: «все виды техногенно измененных природных несвязных грунтов» и т.п. Но это совсем другие объекты по свойствам и состоянию. Этим отчасти грешит и «грунтоведческая» классификация в ее кратком табличном виде, но она подробно раскрыта в соответствующих разделах учебника [Трофимов и др., 2005]. Да и странно уже в настоящее время, когда написаны не только учебники и учебные пособия [Огородникова, Николаева, 2004], но и обобщающие монографии, содержащие огромный фактический материал [Трофимов и др., 2011], так скудно характеризовать широко распространенные и сложные для использования в инженерно-хозяйственной деятельности грунты.

О генезисе техногенных грунтов. Свойства техногенных грунтов формируются под влиянием множества как природных, так и антропогенных факторов. Образование этих грунтов происходит в определенных инженерно-геологических и природно-климатических обстановках, влияющих на общую направленность и скорость преобразования химико-минерального состава, строения, состояния и свойств грунтов, общих для любых грунтов (водно-тепловой режим; химический состав подземных и поверхностных вод; состав и биомасса флоры и фауны, взаимодействующей с грунтами и т.д.) [Трофимов и др., 2011]. Однако при формировании искусственных грунтов на первое место

выступают способ и технология создания таких грунтов. И этот признак непременно должен учитываться для обособления таксона определенного ранга в генетической классификации техногенных грунтов. Кроме того, в отличие от природных образований, формирование состава и свойств техногенных грунтов происходит не в геологическом, а в физическом времени, и роль этого фактора может быть прямо противоположной для разных типов искусственных грунтов.

Техногенные грунты, созданные преобразованием *природных грунтов в условиях их естественного залегания*, образуются преимущественно в результате целенаправленного изменения первоначальных свойств последних одним из методов технической мелиорации и представляют собой **улучшенные** скальные, дисперсные либо криогенные грунты. Свойства этих грунтов формируются под влиянием следующих 4-х групп факторов [Трофимов и др., 2011].

Первая группа факторов — состав, строение и свойства преобразуемых природных грунтов, которые определяют возможность и целесообразность применения того или иного способа их улучшения. Так, в зависимости от дисперсности, пористости и степени влажности могут применяться 10 разных способов уплотнения только связных грунтов.

Вторая группа факторов — технологическая: тип воздействия на грунты и его параметры. Так, просадочность лёссовых грунтов может быть ликвидирована силикатизацией, обжигом, замачиванием, гидровиброуплотнением или армированием грунтовыми сваями. Очевидно, что физические и физико-механические свойства новообразованного грунта будут совершенно разными в зависимости от выбранного метода. Так, при инъекционном закреплении грунтов определяющее значение будет иметь выбор вида инъецируемого вещества, его рецептура, давление нагнетания и др.

К третьей группе факторов относится пространственное положение массива техногенно измененных грунтов, которое влияет на формирование их свойств посредством природно-климатических и инженерно-геологических факторов, но уже после возникновения такого массива, определяя лишь постепенное изменение приобретенных свойств (например, деградацию цементного камня). Безусловно, роль этих факторов в формировании свойств техногенно преобразованных грунтов в физическом времени невелика, и наибольшее значение они имеют для криогенных грунтов.

Четвертую группу факторов составляет возраст техногенных грунтов. Влияние возраста может проявляться в форме повышения несущей способности техногенно преобразованных грунтов в результате, например, нарастания прочности цемента во времени, либо ухудшения показателей их физико-механических свойств по мере деградации новообразованных структурных связей.

Формирование свойств **ухудшенных** техногенно измененных грунтов (искусственно разуплотненных, увлажненных, выветрелых и др.) подчиняется в целом тем же закономерностям. Однако пространственное положение и возраст имеют для них большее значение, поскольку при создании массивов таких грунтов их дальнейшие «постгенетические» изменения обычно не принимаются во внимание. Например, побочным результатом ведения земляных работ взрывным способом может стать возникновение сильнотрещиноватого массива. Его размеры и степень трещиноватости определяются прочностью исходного грунта и мощностью взрывной волны. В последующем резкое увеличение водопроницаемости массива может привести к изменению состава пород под влиянием агентов выветривания, а также к прогрессирующему ухудшению ряда свойств грунтов. А объем эксплуатируемых в мире подземных хранилищ углеводородного сырья, радиоактивных и химических отходов, многие из которых созданы взрывным способом, исчисляется миллионами кубометров.

Ухудшение свойств грунтов может произойти также в результате разгрузки напряжений в талых грунтах или изменения температурного режима мерзлых грунтов на дне котлована или глубокой выемки.

Формирование свойств техногенных грунтов, созданных *перемещением природных грунтов* в процессе строительной и другой производственной деятельности, определяется в целом теми же 4-мя группами факторов. Важнейшее значение для формирования свойств и насыпных, и намывных грунтов имеет дисперсность природных перемещаемых грунтов: она определяет технологию ведения работ. Так, гидронамывом укладываются только песчаные грунты; укладка связных грунтов в полезную насыпь проводится при определенной, оптимальной для данного грунта влажности, а для грубообломочного материала она, напротив, не имеет большого значения. С другой стороны, при одном и том же составе такие важнейшие свойства искусственного грунта, как плотность и прочность, определяются исключительно технологией ведения работ. Эти показатели при прочих равных условиях всегда выше у намывных песков, а для насыпных образований наилучшие результаты дает послойная укладка с укаткой. Пространственное положение массива намывных или насыпных грунтов не оказывает существенного влияния на их свойства, но может сказаться на скорости их последующего преобразования.

Фактор времени, напротив, имеет гораздо большее значение для этих техногенных грунтов: с возрастом массива происходит не только уплотнение грунтов, но и их «старение», обусловленное постепенным формированием коагуляционных и слабых цементационных контактов, а также их

упрочнением. Яркий пример — возникновение эффекта «сцепления упрочнения» в намытых песках, вызванное образованием слабого цемента из геля аморфного кремнезема и соединений железа при их постепенной дегидратации.

Техногенные грунты, созданные как отходы хозяйственной деятельности, чрезвычайно разнообразны. Среди них можно выделить: 1) насыпные промышленные и бытовые отходы (отвалы вскрышных пород, шлаков и золошлаков, свалки), 2) намывные промышленные отходы (гидроотвалы, шламы) и 3) грунты культурного слоя. Для формирования свойств этих грунтов наибольшее значение имеет исходный состав материала — часто весьма разнородный, из которого образуется техногенный грунт, а также возраст массива. Отличительная особенность этих техногенно образованных грунтов заключается в значительном преобразовании их химико-минерального состава в физическом времени, что влечет за собой и существенное изменение свойств массива. Поэтому возраст таких грунтов имеет определяющее влияние на их свойства, а общей тенденцией можно считать повышение несущей способности массивов антропогенных грунтов во времени.

Интенсивное преобразование состава этих грунтов обусловлено низкой устойчивостью их компонентов в новых термодинамических условиях, так как многие из них не имеют аналогов в природе и подвергаются быстрому химическому разложению. В наименьшей степени этому процессу подвержены грунты отвалов вскрышных пород, но и в них могут присутствовать минералы, неустойчивые в зоне выветривания. На скорость преобразования состава антропогенных грунтов в значительной степени влияют пространственное положение массива — в основном через его воднотепловой режим и, конечно, технология создания массива.

Для формирования свойств грунтов культурного слоя определяющее значение имеет способ использования территории за весь период существования в данном месте человеческого поселения (этот период и следует рассматривать как возраст грунтов культурного слоя в целом), в том числе в ходе военных действий, с которыми связано устройство фортификационных сооружений и перемещение значительных объемов грунта. Пожары, наводнения и другие стихийные бедствия, как правило, также сопровождаются резким увеличением объема формирующегося культурного слоя.

На основании сказанного выше автору представляется, что при построении генетической общей классификации техногенных грунтов и выборе таксонов следует учитывать следующие признаки. Типы (следуя логике построения общей классификации грунтов) следует подразделять прежде всего по генезису на техногенно измененные в условиях естественного залегания природные грунты, техно-

генно перемещенные природные грунты и грунты антропогенные. В качестве признака следующих уровней деления логично использовать методы создания или преобразования грунтов, направленность изменений и существенные особенности технологии преобразования или создания.

Общая классификация техногенных грунтов.

Такую классификацию техногенных грунтов автор рассматривает как часть общей классификации грунтов, в которой они выделяются в отдельную категорию на первом этапе деления по общим особенностям образования. Далее категория техногенных грунтов подразделяется на таксоны по следующим признакам:

- классы выделяются по природе структурных связей;

- подклассы выделяются по структурам грунтов, образованных контактами разного типа;

- типы выделяются по генезису;

- подтипы выделяются по методам создания или преобразования;

- виды выделяются по направленности изменений грунтов, в которых различаются грунты: а) улучшенные, б) ухудшенные, в) искусственно образованные и г) измененные (т.е. самопроизвольно, без дополнительной характеристики качества таких изменений);

- подвиды выделяются по особенностям технологии преобразования или создания с учетом состава;

- разновидности же выделяются по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов, как и природные грунты.

Составленная в соответствии с этими таксонами классификация приведена в табл. 1.

На ее основе была составлена классификация техногенных грунтов в новой редакции ГОСТ 25100, подготовленной в конце 2018 г. В этой классификации (табл. 2) техногенные грунты выделены по генетическому признаку только на уровне типа; по генезису, соответственно, выделяются подтипы, виды — по методам создания или преобразования, а подвиды выделены по особенностям технологии преобразования или создания с учетом состава и дополнительно сгруппированы по направленности изменений грунтов. Для помещения в формат нормативного документа классификация также была несколько сокращена содержательно.

Кроме того, следует заметить, что примечание к этой классификации, гласящее, что «техногенные грунты могут подразделяться на ... разновидности, как и природные грунты в соответствии» с таблицами общей классификации, недостаточно обосновано, поскольку некоторые даже самые общепотребительные частные классификации могут оказаться не в полной мере применимы к грунтам техногенным. Например, золы уноса состоят в значительной мере из стекловатых сферических частиц, которые не тонут в воде, а следовательно,

Таблица 1

Общая классификация техногенных грунтов

Класс	Подкласс	Тип	Подтип	Вид	Подвид
скальные	преимущественно с цементационными и кристаллизационными структурами	техногенно измененные в естественном залегании природные грунты	физически преобразованные	улучшенные	термически упрочненные дисперсные грунты
				ухудшенные	разуплотненные разгрузкой напряжений
			физико-химически преобразованные	улучшенные	нарушенные взрывом
					оттаявшие скальные мерзлые грунты
	преимущественно с цементационными структурами	антропогенные грунты	отходы производственной деятельности	искусственно образованные	инъекционно закрепленные скальные и дисперсные грунты (цементацией, глинизацией, смолизацией, силикатизацией, др.)
					солеотвалы
дисперсные	несвязные (преимущественно со структурами зацепления)	техногенно измененные в естественном залегании природные грунты	физически преобразованные	улучшенные	уплотненные (механически, водопонижением, виброуплотненные, др.)
					улучшенные гранулометрическими добавками, в т.ч. закольматированные
					оттаянные
			физически и физико-химически преобразованные	ухудшенные	разуплотненные разгрузкой напряжений
					техногенно увлажненные и водонасыщенные
					оттаявшие
		техногенно перемещенные природные грунты	насыпные	искусственно образованные	техногенно засоленные и нефтезагрязненные
					грунты планомерно возведенных массивов, насыпей и отвалы
		антропогенные грунты	намывные	искусственно образованные	грунты в составе земляных сооружений, буртах, гидроотвалах
					отвалы и гидроотвалы шлаков и золошлаков
		антропогенные грунты	отходы производственной деятельности	искусственно образованные	шламы хвостохранилищ
	связные (с коагуляционными и смешанными конденсационно-коагуляционными структурами)	техногенно измененные в естественном залегании природные грунты	физически преобразованные	улучшенные	механически уплотненные
					оттаявшие
					осушенные
			физико-химически преобразованные	ухудшенные	разуплотненные разгрузкой напряжений
					техногенно увлажненные
					оттаянные
		техногенно перемещенные природные грунты	физико-химически преобразованные	улучшенные	закрепленные вяжущими (инъекционно, перемешиванием, др.)
					электрохимически закрепленные
					техногенно засоленные и нефтезагрязненные
			насыпные	искусственно образованные	грунты планомерно возведенных насыпей и отвалы
					грунты в составе земляных сооружений
					шламы, фосфогипс, лигнин, дефека
мерзлые	скальные промороженные	техногенно промороженные в естественном залегании природные скальные грунты	промерзшие при техногенном изменении теплового режима	измененные	грунты полигонов твердых бытовых отходов
					культурные слои
	дисперсные промороженные	техногенно промороженные в естественном залегании природные дисперсные грунты	преобразованные техногенным изменением теплового режима	улучшенные	промерзшие (грунты в откосах и бортах выемок)
				ухудшенные	растепленные
			техногенно промороженные	улучшенные	промороженные
					охлажденные COY
		техногенно промороженные перемещенные дисперсные грунты	техногенно промороженные насыпные и намывные дисперсные грунты	искусственно образованные	промороженные
					промерзшие (грунты низовых клиньев мерзлых земляных плотин и др.)
	ледяные	техногенно созданные льды	техногенно промороженные антропогенные грунты	искусственно образованные	охлажденные COY
					промороженные и промерзшие
					намерзшие
					намерзшие поливами, факельным намерзанием, кладкой ледяных блоков

Таблица 2

Инженерно-геологическая типизация техногенных грунтов (ГОСТ 25100-20xx, новая редакция)

Подтип	Вид	Подвид	Направленность изменений
Скальные грунты			
измененные в естественном залегании	физически	термически упрочненные дисперсные грунты	улучшенные
		разуплотненные разгрузкой напряжений	ухудшенные
		нарушенные динамическими воздействиями, взрывом	
		оттаявшие скальные мерзлые грунты	измененные
	физико-химически	инъекционно закрепленные скальные и дисперсные грунты	улучшенные
антропогенные грунты	отходы производств	цементированные отвалы	образованные
Дисперсные несвязные грунты			
измененные в естественном залегании	физически	уплотненные (механически, водопонижением, виброуплотненные, др.)	улучшенные
		закольматированные	
		оттаянные	
	физически и физико-химически	разуплотненные	ухудшенные
		техногенно увлажненные и водонасыщенные	
		оттаявшие	
		техногенно засоленные и нефтезагрязненные	
перемещенные	насыпные	грунты планомерно возведенных массивов и насыпей	образованные
	намывные	грунты в составе земляных сооружений, гидроотвалах	
антропогенные грунты	отходы производств	отвалы и гидроотвалы шлаков, золошлаков и шламов	
	бытовые отходы	свалки бытовых отходов	
	культурные слои	естественно-исторические образования	
Дисперсные связные грунты			
измененные в естественном залегании	физически	механически уплотненные	улучшенные
		оттаявшие	
		осушенные	
		разуплотненные разгрузкой напряжений	ухудшенные
		техногенно увлажненные и водонасыщенные	
		оттаянные	
	физико-химически	закрепленные вяжущими	улучшенные
		электрохимически закрепленные	ухудшенные
техногенно засоленные и нефтезагрязненные			
перемещенные	насыпные	грунты планомерно возведенных насыпей и отвалы	образованные
	намывные	грунты в составе земляных сооружений	
антропогенные грунты	отходы производств	отвалы промышленных отходов	
	бытовые отходы	свалки бытовых отходов	
	культурные слои	естественно-исторические образования	
Мерзлые грунты			
скальные грунты	изменением теплового режима	промерзшие и замороженные	измененные
дисперсные грунты в естественном залегании	изменением теплового режима	промерзшие	улучшенные
		растепленные, оставшиеся в мерзлом состоянии	ухудшенные
		замороженные специальными мероприятиями	улучшенные
		охлажденные мерзлые	
дисперсные грунты перемещенные	изменением теплового режима	замороженные специальными мероприятиями	образованные
		промерзшие и перемещенные в мерзлом состоянии	
антропогенные образования	замороженные	замороженные и промерзшие	
антропогенные льды и ледогрунты	намороженные и перемещенные	намороженные льды, кладки и отвалы	

Примечание. Техногенные грунты могут подразделяться на виды, подвиды и разновидности, как и природные грунты, в соответствии с табл. 1–3.

разделение их на фракции стандартными методами может быть некорректным. Необходимо помнить, что среди техногенных грунтов много образова-

ний весьма специфического состава, что может потребовать разработки для них других частных классификаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. МНКТС. М., 2011. 63 с.

Зиангиров Р.С., Трофимов В.Т. Принципиальные вопросы построения общей классификации грунтов (к пересмотру ГОСТа 25100-82 Грунты. Классификация // Геоэкология. 1995. № 3. С. 103–109.

Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 250 с.

Сергеев Е.М., Приклонский В.А., Панюков П.Н., Белый Л.Д. Общая инженерно-геологическая классифи-

кация горных пород и почв / Тр. совещ. по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. Т. 2. М., 1957. С. 18–44.

Трофимов В.Т., Вознесенский Е.А., Королев В.А. Инженерная геология России. Грунты России. М.: КДУ, 2011. 672 с.

Трофимов В.Т., Королёв В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение // Под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд., перераб. и допол. (сер. Классический университетский учебник). М.: Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2005. 1024 с.

Поступила в редакцию 04.05.2019

Поступила с доработки 00.00.2019

Принята к публикации 00.00.2019