

УДК 528.9(07)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ПЕСЧАНЫХ И С ПЕСЧАНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РАЗНОГО СОСТАВА И ИХ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В.Т. Трофимов, Н.С. Красилова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 15.10.17

Рассмотрены содержание понятия «грунтовая толща», опыт систематизации и составления региональных карт грунтовых толщ. Составлена схема пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей на территории России. На схеме показаны грунтовые толщи, наиболее представительные по площади развития, различающиеся по литологическому составу, строению, состоянию грунтов в них. Рассмотрен характер изменения по территории факторов, определяющих состояние грунтовых толщ — преобладающих среднегодовых температур, степень увлажненности для талых и немерзлых грунтов или степень льдистости для многолетнемерзлых грунтов.

Ключевые слова: грунтовая толща, многолетнемерзлые грунты, талые грунты, среднегодовая температура, влажность, льдистость.

Trofimov V.T., Krasilova N.S. Spatial distribution of sandy soils and soils masses with sandy component of different composition and its modern state on territory of Russia. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2018. Volume 93, part 1. P. 68–80.

The content of the concept of “soil masses”, the experience of their systematization and composition of regional maps of soil thickness are discussed. The scheme of spatial distribution of sandy soil masses and soil masses with a sandy component in the territory of Russia is made. The diagram shows the soil masses, the most representative of the area of their development, differing in lithological composition, structure in section and soil conditions in them. The nature of changes in the territory of the factors, determining the state of soil mass—prevailing average annual temperatures, the degree of moisture for thawed and non-permafrost soils or the degree of icy for permafrost soils are discussed.

Key words: soil masses, permafrost, thawed soil, mean annual temperature, moisture content of rocks, ice content of rocks.

Термин «грунтовая толща» был введен М.М. Филатовым еще в 1936 г. и с тех пор достаточно широко используется в инженерно-геологической литературе. По содержанию он близок к термину «массив горных пород» в случаях, когда содержание и объем последнего увязывается со сферой воздействия инженерного сооружения, но термин «грунтовая толща» больше соответствует целям специальных инженерно-геологических исследований.

В настоящее время при исследованиях в связи с наземным строительством *под грунтовой толщей принято понимать* (Трофимов, Фадеев, 1982, с. 27 с дополнениями) *толщу горных пород и почв, слагающую верхнюю n-метровую часть разреза различных геоморфологических элементов и находящихся (или в большинстве случаев могущую попасть) в зоне активного воздействия сооружений массовых видов строительства (гражданского, дорожного, сельскохозяйственного, мелиоративного).*

В работе В.Т. Трофимова и П.И. Фадеева (1982) показано, что границы грунтовой толщи условны и зависят от цели и признаков, которые используются для ее выделения. Поскольку понятие о грун-

товой толще всецело связывается с взаимодействием геологических тел и инженерных сооружений, то верхняя и нижняя границы, а следовательно, и ее мощность будут зависеть не только от геологического строения территории, но и от типа сооружений, их размеров, массы и других факторов. При строительстве наземных сооружений верхняя граница грунтовой толщи совпадает с «дневной» поверхностью литосферы; положение нижней границы (и мощность толщи), определяемое вышеназванными признаками, окажется неодинаковым при решении разных задач. Обычно, исходя из требований массовых видов наземного строительства, мощность грунтовых толщ при региональных работах принимается за 10 м (Карта грунтовых..., 1983; Грунтовые толщи..., 1988 и др.).

Грунтовым толщам, слагающим любую территорию, принадлежит ведущая роль в определении ее инженерно-геологических особенностей, поскольку они служат основанием, средой или материалом для инженерных сооружений, а также во многом определяют особенности рельефа, гидрогеологических и мерзлотных условий, характер развития

экзогенных геологических процессов и явлений. Основные пространственные закономерности распространения грунтовых толщ различных типов, которые необходимо учитывать при их оценке, выявляются обычно при построении карт грунтовых толщ.

В течение последних пятидесяти лет многие исследователи занимались изучением грунтовых толщ, разработкой легенды и составлением схем и карт грунтовых толщ для разных регионов России и страны в целом. Началось изучение грунтовых толщ в 1960-е гг. в Мещерской низменности (Фадеев, 1963). В начале 70-х гг. XX в. была разработана легенда к карте грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты и издана карта в масштабе 1:1 500 000 (Сергеев и др., 1972). Позже сотрудниками Тюменской экспедиции кафедры инженерной геологии МГУ была составлена и опубликована (Трофимов, 1977; Грунтовые толщи..., 1988) серия схем распространения грунтовых толщ различного строения, литологического состава, степени увлажненности-льдистости и т.д. Западной Сибири. В 80-е гг. прошлого века была опубликована серия методических работ по грунтовым толщам Нечерноземья (Груздов, Зилинг, 1980; Трофимов, Фадеев, 1982; Трофимов и др., 1982; Трофимов и др., 1984). Была составлена и издана карта грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР масштаба 1:1 500 000 (Карта..., 1983). Позже, в 2008 г., Н.С. Красиловой и В.Т. Трофимовым была составлена схема пространственного распределения грунтовых толщ на территории России (Трофимов, Красилова, 2008; Инженерная геология России. Том. 1. Грунты России, 2011).

Систематика грунтовых толщ территории России

Грунтовые толщи на территории России отличаются большим разнообразием как по генезису, так и по особенностям состава, строения, современного состояния и свойств слагающих их грунтов. Их систематизацией занимались практически все перечисленные выше исследователи, используя при этом две группы признаков: первая включала показатели состава и строения толщ, вторая – современного состояния, поскольку именно они определяют условия возведения и эксплуатации инженерных сооружений.

Наиболее полная систематизация грунтовых толщ была проведена В.Т. Трофимовым и Н.Г. Фирсовым (Грунтовые толщи..., 1988) также с использованием двух групп признаков (таблица). К первой группе признаков – показателям состава и строения – относятся количество классов и типов грунтов в разрезе толщи, обуславливающие степень ее геолого-литологической неоднородности (вертикальные ряды таблицы). Типы грунтов и их возможное сочетание в разрезе толщи обозначены номерами. Вторая группа признаков (горизонтальные ряды таблицы) включает характер состояния грунтовой

толщи, обусловленный фазовым состоянием воды в них, среднегодовую температуру, степень увлажненности (льдистости) грунтов. Эти признаки обозначены буквенными индексами.

Каждая группа признаков позволила обособить грунтовые толщи четырех иерархических (структурных) уровней. По признакам первой группы выделение произведено: по числу классов грунтов, слагающих толщу; по характеру класса грунтов, слагающих толщу; по числу «пород», слагающих грунтовые толщи; по литологическим особенностям конкретных литологических типов грунтовых толщ.

По признакам второй группы выделение произведено: по степени однородности состояния пород в разрезе толщи; по характеру состояния грунтов в разрезе толщи; по среднегодовым температурам грунтов; по степени их увлажненности (льдистости).

Грунтовые толщи песчаные и с песчаной составляющей, развитые на территории России, занимают свое определенное место в рассмотренной систематике грунтовых толщ. Они также различаются по литологическому составу и по состоянию грунтов в них. Все многообразие грунтовых толщ независимо от площади их распространения на территории России нашло свое отражение в многочисленных литологических типах грунтовых толщ, в том числе и с песчаной составляющей, выделенных на огромной территории Западной Сибири, представленных в таблице и подробно рассмотренных в работе (Грунтовые толщи..., 1988). Здесь мы не будем их заново перечислять.

Пространственное распределение грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей на территории России

Для выявления региональных пространственных особенностей распространения, изменения состава и состояния грунтовых толщ с песчаной составляющей авторами составлена схема пространственного распределения грунтовых толщ на территории России (рисунок), на которой показаны, с учетом возможностей ее масштаба, грунтовые толщи песчаные и с песчаной составляющей, различающиеся по литологическому составу и состоянию пород в них. При этом в качестве классификационных признаков использовались, в соответствии с систематикой, разработанной В.Т. Трофимовым и др. (Грунтовые толщи..., 1988), особенности состава и строения грунтовых толщ в разрезе и их состояние. При этом состояние грунтов в грунтовых толщах, как указывалось выше, определяется преобладающими среднегодовыми температурами, фазовым состоянием воды в них, степенью увлажненности для талых и немерзлых грунтов или степенью льдистости для многолетнемерзлых грунтов.

Грунтовые толщи, обособленные по литологическому составу. Из всех существующих на территории России грунтовых толщ с песчаной составляющей, обособленных по литологическому составу,

чаные; 18 – преимущественно песчаные, с лёссовым слоем в верхней части толщи; 19 – преимущественно песчаные, с торфяным слоем в верхней части толщи; 20 – преимущественно лёссовые; 21 – преимущественно глинистые; 22 – преимущественно глинистые; 22 – преимущественно глинистые с песчаным слоем в верхней части; 23 – преимущественно глинистые с лёссовым слоем в верхней части толщи; 24 – преимущественно глинистые, с торфяным слоем в верхней части толщи; 25 – преимущественно торфяные; 26 – крупнообломочные, подстилаемые скальными; 27 – лёссовые, подстилаемые скальными; 28 – глинистые, подстилаемые скальными; 28 – глинистые, подстилаемые скальными; 29 – преимущественно крупнообломочные, подстилаемые скальными; 30 – преимущественно песчаные, подстилаемые скальными; 31 – преимущественно глинистые, подстилаемые скальными; 32 – преимущественно глинистые, с торфяным слоем в верхней части толщи, подстилаемые скальными; 2) а, г, ж – слабовлажные; б, д, з – увлажненные; в, е, и – сильноувлажненные; к, м, о – слаболистые и льдистые; л, н, п – сильнолистые; р – сильноувлажненные, подстилаемые льдистыми; с – сильно увлажненные, подстилаемые сильно льдистыми; т – льдистые, подстилаемые сильно увлажненными; у – сильнолистые, подстилаемые сильно увлажненными; ф – сильнолистые, подстилаемые немерзлыми, содержащими криопэги).

на схеме, учитывая возможности ее масштаба, показаны под соответствующими номерами территории распространения восьми типов наиболее представительных по площади развития грунтовых толщ. Дополнительно на схеме под номером 9 обозначены территории, в пределах которых грунтовые толщ с песчаной составляющей могут быть распространены локально преимущественно в речных долинах, но масштаб схемы не позволяет их оконтурить. Такие территории могут быть представлены в долинах в горных районах, сложенных преимущественно скальными породами, в пределах Сибирской платформы, Дальнего Востока, Забайкалья. Они могут быть развиты и на юге европейской части России среди широкого площадного развития лёссовых грунтовых толщ и т.п.

1. *Преимущественно песчаные грунтовые толщ, часто обогащенные обломочным материалом*, представлены чаще всего флювиогляциальными отложениями, широко распространены в европейской части России, где они слагают зандровые поля в Мещерском, Припятском, Вятском полесье, окаймляя с внешней стороны (близ внешнего края конечных морен) области распространения днепровского, московского, калининского и осташковского оледенений, покрывая сплошным плащом подстилающую морену, заполняя все неровности ее кровли. Флювиогляциальные отложения представлены в основном песками различной зернистости, сортированности и глинистости. Содержат гравий, гальку и мелкие валуны в рассеянном состоянии или в виде линз и прослоев, распределенных по всей толще отложений. Мощность их в среднем колеблется в пределах 10–15 м. Аналогичные по составу грунтовые толщ развиты в прибалтийском регионе и Карелии. Это озерно-ледниковые отложения тех же оледенений, представленные камами и осадками приледниковых озер. Камовый рельеф в Карелии и Прибалтике сложен различными по крупности песками, часто переслаивающимися с гравелистыми песками и с галечниками. Мощность камовых отложений 15–20 м. Песчаные грунтовые толщ накапливались также в краевых частях крупных приледниковых озер.

Широкое развитие преимущественно песчаные грунтовые толщ имеют в Западной Сибири в районе Сибирских увалов, где они представлены водно-

ледниковыми образованиями среднечетвертичного возраста, слагающими обширные междуречные равнины. На севере Западной Сибири большие площади эти грунтовые толщ занимают в пределах восточной окраины полуострова Ямал, где слагают разрезы лагунно-морских террас позднечетвертичного возраста, а также разрезы надпойменных террас в долинах Надыма и Пура. Развиты преимущественно песчаные грунтовые толщ и на самом юге Западно-Сибирской плиты, в верхнем Приобье и Прииртышье, где они представлены песчаным аллювием поздне- и среднечетвертичного возраста, слагающим здесь верхнюю часть разреза высоких водораздельных равнин и террас.

На севере Восточной Сибири преимущественно песчаные грунтовые толщ развиты локально, участвуя в сложных разрезах в котловинах, речных долинах, местами перекрывая междуречья. В частности, они распространены в Анабаро-Оленекском районе, на междуречье Бол. Куонамки и Арга-Салы, где представлены флювиогляциальными отложениями средне-позднечетвертичного возраста. В Забайкалье этот тип грунтовых толщ развит в пределах рифтовых впадин байкальского типа, где он представлен песками плейстоценовыми полигенетическими, перекрывающими неогеновые породы угленосной формации.

На севере Дальнего Востока преимущественно песчаные грунтовые толщ развиты локально вдоль долин рек (Амгуэма, Анадырь, Гижига), где они представлены водно-ледниковыми верхнеплейстоценовыми песчаными отложениями, часто обогащенными обломочным материалом, и по побережью Чукотского моря, где морские плейстоценовые песчаные отложения слагают морские террасы. Широко развиты в Центрально-Камчатской равнине в виде аллювиальных и водно-ледниковых отложений. На юге Дальнего Востока этот тип грунтовых толщ наиболее широко распространен в пределах Амуро-Зейской депрессии, где он представлен аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями плиоцен-раннеплейстоценового возраста.

2. *Преимущественно песчано-глинистые грунтовые толщ с преобладанием глинистых в верхней части* встречаются на севере европейской части России, где они представлены озерно-ледниковыми, озерно-

аллювиальными и аллювиальными плейстоценовыми отложениями. Отложения крупных приледниковых озер слагают обширные равнины, сформированные в низинах у края, главным образом, калининского и осташковского ледников в результате подпруживания рельефом потоков, вытекавших из-под ледника. Они развиты в верховьях Зап. Двины, в бассейне Вычегды, в Пензенской, Северо-Двинской, Мошинской, Сухонской, Верхневолжской и Мещерской низинах. Отложения представлены песками, супесями, суглинками и глинами (нередко ленточными), постепенно переходящими друг в друга как по простираанию, так и по мощности. Осадки ленточного типа формируются в удалении от берега и на большой глубине, представлены переслаиванием песков, алевролитов и глин.

В Малоземельской и Большеземельской тундрах разрез этого типа толщ сложен морскими и ледово-морскими отложениями. В районе Северных увалов грунтовые толщи этого типа представлены покровными суглинками разного генезиса, подстилаемыми флювиогляциальными отложениями, под которыми залегают ледниковые глинистые образования.

Наиболее широко грунтовые толщи этого типа развиты на территории Западно-Сибирской плиты от северных островных и полуостровных территорий до самых южных ее окраин. Такие толщи слагают позднечетвертичные морские террасы и лайды по северным и западным окраинам полуостровов Ямал и Гыданский. Характерны они для разрезов ледниковых равнин на западе и востоке севера Западно-Сибирской плиты. Широко отмечаются в разрезах среднечетвертичных и позднеплиоцен-раннечетвертичных озерно-аллювиальных равнин по левобережью и правобережью среднего течения р. Оби и на юге Обь-Иртышского междуречья. Представлены они различными по гранулометрическому составу типами грунтов от пылеватых песков до средних глин, содержащихся в разрезе примерно в равных количествах, но с преобладанием в верхней части глинистой составляющей. Во многих районах юга региона верхняя часть грунтовой толщи сложена покровными суглинками разного генезиса мощностью от 1 до 5 м, которые подстилаются озерно-аллювиальными, реже аллювиальными отложениями песчано-глинистого состава.

На территории Восточной Сибири грунтовые толщи этого типа развиты на самом севере, где они, захватывая южную часть полуострова Таймыр, протягиваются полосой от устья Енисея на западе до устья Анабара на востоке; сложены аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями средне-позднеплейстоценового возраста. Прослеживаются они также от устья р. Лены и далее на юг, включая нижнюю часть долин Алдана и Вилюя, где они представлены в верхней части разреза покровными отложениями глинистого состава мощностью от 1,5 до 6 м, в составе которых вероятны аллювиальные, делювиальные и элювиаль-

ные отложения, находящиеся в сложном взаимоотношении друг с другом. Нижняя часть разреза сложена песчано-глинистыми аллювиальными и озерно-аллювиальными плейстоценовыми отложениями. Далее на восток они слагают приморские низменности, среди которых выделяются Яно-Омолойская, Яно-Индибирская и Колымская, расположенные на останках древней озерно-аллювиальной равнины.

На Дальнем Востоке этот тип грунтовых толщ развит локально в пределах прибрежных озерно-аллювиальных равнин. В Пенжинско-Анадырском регионе он представлен верхнеплейстоценовыми незакономерно чередующимися песками, супесями, суглинками, галечниками, невыдержанными по простираанию, сверху перекрытыми преимущественно глинистыми ледниковыми верхнеплейстоценовыми породами или современными делювиальными и делювиально-солифлюкционными отложениями.

3. Преимущественно песчано-глинистые грунтовые толщи с преобладанием песчаных пород в верхней части относительно широко развиты в южной половине Нечерноземной зоны России. Они представлены часто отложениями крупных приледниковых озер, слагающих обширные равнины, сформированные в низинах у края ледника, сложенные песками, супесями, суглинками и глинами (нередко ленточными), постепенно переходящими друг в друга как по простираанию, так и по разрезу, перекрытых с поверхности флювиогляциальными песками. Этот тип грунтовых толщ может быть связан с конечноморенными образованиями, перекрытыми водно-ледниковыми песчаными отложениями.

На севере Западно-Сибирской низменности, в районе полуостровов Ямал и Гыданский, этот тип грунтовой толщи развит в пределах территорий, занятых казанцевской и салехардской морскими равнинами. К югу от Полярного круга он сложен отложениями аллювиального и озерно-аллювиального генезиса, в меньшей степени ледниковыми и флювиогляциальными. В долинах рек Надым, Пур и Таз разрез рассматриваемой грунтовой толщи выполнен верхнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями, слагающими террасы и равнины. Для песчано-глинистых отложений верхнеплиоцен-нижнечетвертичного озерно-аллювиального комплекса, слагающих разновозрастную равнину на междуречье рек Сым, Кеть, Чулым, также характерен более песчаный состав верхней части разреза.

4. Преимущественно песчано-глинистые грунтовые толщи, представленные часто локально перемежающимися по разрезу и по площади песчаными и глинистыми сложно построенными пачками различного генезиса и возраста. Широко развиты на северо-западе России в Прибалтийском регионе. Они включают моренные преимущественно-глинистые отложения разного возраста, водно-ледниковые меж-

моренные отложения преимущественно песчаного состава, слагающие зандровые поля, флювиогляциальные дельты, озовые гряды. В них вклиниваются ленточные суглинки и глины, значительно реже пески и супеси межстадиальных и частично позднеледниковых локальных озер.

5. Преимущественно песчано-глинистые, перекрываемые покровными лёссовидными суглинками толщи развиты в европейской части России в пределах Окско-Донской равнины, Чебоксарского Поволжья, широко распространены в бассейнах рек Вятки и Верхней Камы и в других местах, где лёссовидные отложения среднего и позднего плейстоцена перекрывают среднеплейстоценовые водно-ледниковые пески.

6. Торфяные, подстилаемые преимущественно песчаными отложениями грунтовые толщи в европейской части России развиты в основном в южной половине Нечерноземной зоны. На отдельных участках они представлены в Карелии, в пределах Мещерской низменности. Торфяные грунты чаще всего здесь подстилаются флювиогляциальными, реже аллювиальными песками. Представлены они также в Ленинградской и Архангельской областях, в ледниковых и приледниковых зонах Урала.

Грунтовые толщи этого типа широко развиты в пределах Западно-Сибирской низменности. На большой площади они выдержаны в Сургутском полесье (севернее широтного отрезка долины р. Оби), где подстилающие грунты представлены верхнечетвертичными и среднечетвертичными озерно-аллювиальными и среднечетвертичными флювиогляциальными отложениями песчаного состава. Мощность торфа 3–5 м и более. Широкое распространение такие грунтовые толщи получили на водоразделах рек Сыма, Ваха и Кети, где они приурочены к плоским заболоченным участкам верхнеплиоцен-раннечетвертичной озерно-аллювиальной равнины, нижняя часть разреза в пределах которой во многих районах представлена также отложениями песчаного состава.

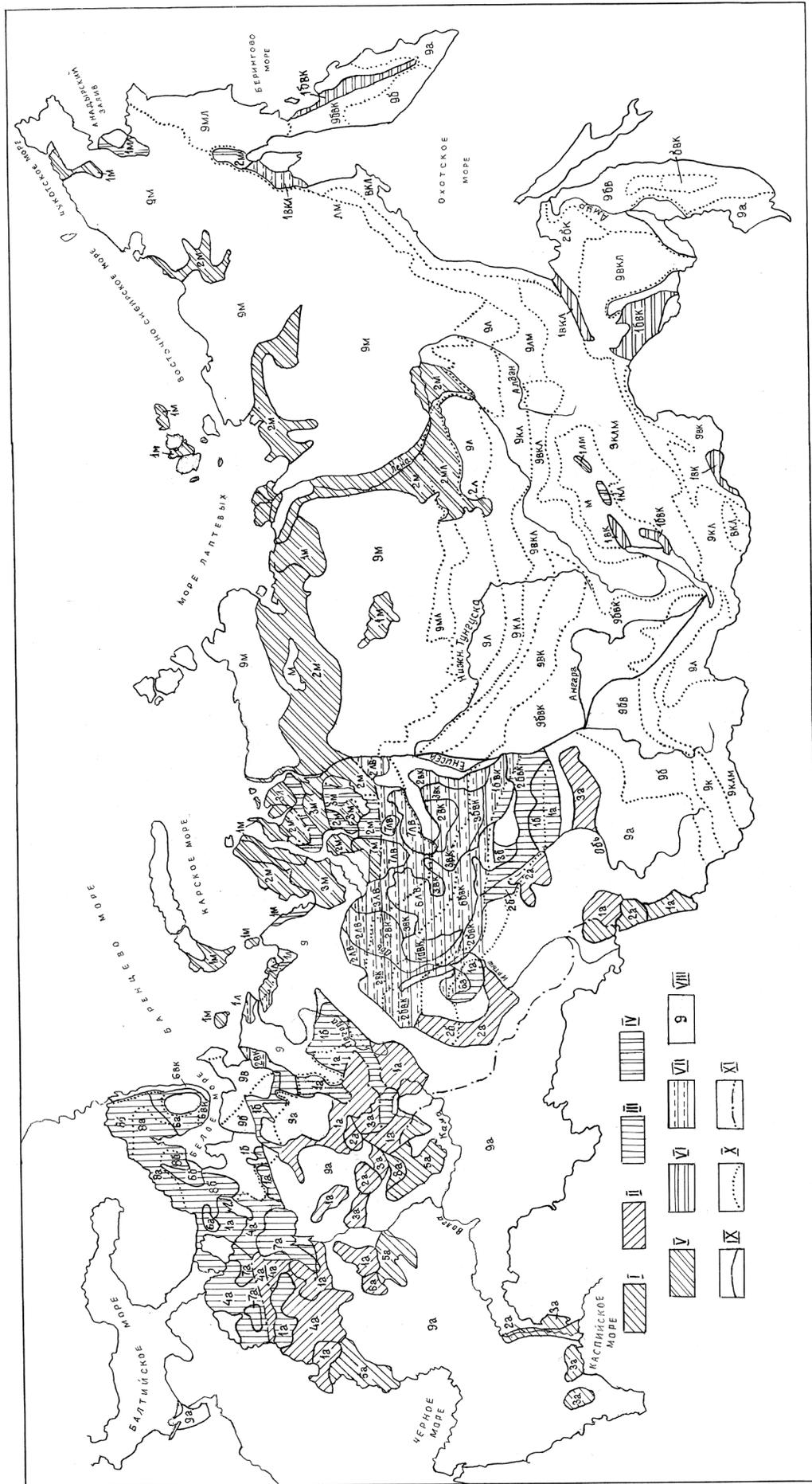
7. Торфяные, подстилаемые песчано-глинистыми грунтами толщи широко развиты в северных районах европейской части России, в Ленинградской, Псковской, Новгородской и Вологодской областях, где торф подстилается аллювиальными отложениями плейстоцена и морскими плиоценовыми отложениями. Мощность торфа изменяется от 0,5 до 9 м, чаще она составляет 1,5–4 м. Встречаются они и в северной части Западно-Сибирской плиты среди отложений среднечетвертичной водораздельной морской равнины в бассейнах рек Надым, Пур и Таз.

8. Преимущественно песчаные, подстилаемые скальными грунтовыми толщами широко развиты, главным образом, на северо-западе европейской части России в пределах Балтийского щита на Кольском полуострове и в Карелии, где они представлены флювиогляциальными песчаными отложениями, слагающими флювиогляциальные равнины, долин-

ные зандры, на отдельных участках – радиальные озы. Подстилаются песчаные отложения преимущественно метаморфическими и интрузивными породами архея и нижнего протерозоя.

Особенности распространения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей, состояние которых обусловлено фазовым состоянием воды в них. Современное состояние грунтовых толщ определяется прежде всего пространственным (широтным и высотным) их положением, контролирующим характер тепло- и влагообеспеченности и их соотношение между собой. Значительная протяженность территории России с севера на юг и с запада на восток, с нарастанием континентальности климата в северо-восточном направлении, обусловила существенную неоднородность влаго- и теплообеспеченности грунтовых толщ, что привело к неодинаковому их состоянию. По особенностям современного состояния выделяются грунтовые толщи немерзлые и талые и грунтовые толщи мерзлые, с различными среднегодовыми температурами, с разной степенью увлажненности и льдистости. На схеме (рисунок) площади сплошного развития грунтовых толщ талых и немерзлых обособлены однорядной штриховкой, а территории присутствия многолетнемерзлых грунтовых толщ – двухрядной. В зоне несплошного (прерывистого, массивно-островного и редкоостровного) распространения многолетнемерзлых пород перемежаются многолетнемерзлые и немерзлые (талые) грунтовые толщи, на схеме они показаны сдвоенной (сплошной и пунктирной) горизонтальной штриховкой.

Многолетнемерзлые грунтовые толщи широко развиты на севере России, протягиваясь постепенно расширяющейся полосой с запада на восток (Геокриологическая карта, 1997). В северной части этой полосы они имеют сплошное и преимущественно сплошное развитие (Северная геокриологическая зона), в южной – прерывистое, массивно-островное и островное (Южная геокриологическая зона). Характер изменений в их распределении по площади подчиняется широтной зональности. Условная южная граница распространения многолетнемерзлых грунтовых толщ проходит по их южным «островам». В европейской части России многолетнемерзлые грунтовые толщи развиты на Кольском полуострове, в пределах Малоземельской и Большеземельской тундр, на Полярном, Приполярном и Северном Урале. В Западной Сибири они прослеживаются от северных границ арктического побережья до широтного отрезка долины р. Оби, затем долины р. Вах. К востоку от Енисея мерзлые грунтовые толщи занимают обширные пространства Восточной Сибири, Дальнего Востока и Забайкалья, прослеживаясь до южных границ России с Китаем и Монголией. К западу от Байкала многолетнемерзлые грунтовые толщи распространены в пределах Западного и Восточного Саяна, Алтая.



В Южной геокриологической зоне сплошность развития многолетнемерзлых грунтовых толщ нарушается на севере сначала отдельными таликами, которые развиваются на участках, менее благоприятных для многолетнего промерзания пород (на отрицательных формах рельефа, на заболоченных и заозеренных депрессиях, при преобладании в разрезе песчаных пород, при близком залегании трещиноватых и закарстованных коренных пород и т.п.). К югу площадь талых пород постепенно увеличивается, характер распределения мерзлых грунтовых толщ становится прерывистым, затем массивно-островным и островным. Северная граница совместного распространения многолетнемерзлых и талых пород в европейской части России и в Западной Сибири проходит примерно по широте Полярного круга, в Восточной Сибири она местами спускается до 60–62° с.ш., на Дальнем Востоке проходит еще южнее, примерно по широте Станового хребта. Зона несплошного распространения мерзлых грунтовых толщ прослеживается также на Камчатке и на побережье Охотского моря из-за большого тепляющего влияния Тихого океана, обуславливающего на восточном побережье России типично морской климат с многоснежными зимами.

Среди мерзлых грунтовых толщ выделяются грунтовые толщ с однородным и неоднородным состоянием грунтов по разрезу. В соответствии с рассмотренной систематизацией (Грунтовые толщ..., 1988) среди последних выделяются: а) грунтовые толщ талые в верхней части разреза, многолетнемерзлые в нижней; б) грунтовые толщ многолетнемерзлые в верхней части разреза, талые в нижней; в) грунтовые толщ, сложенные переслаивающимися многолетнемерзлыми и тальми грунтами. Особенно четко это разделение прослеживается в Западной Сибири. Грунтовые толщ талые в верхней части, многолетнемерзлые в нижней широко развиты в районах, прилегающих к Полярному кругу, где верхняя часть разреза грунтовых толщ сложена тальми, а нижняя — многолет-

немерзлыми грунтами («несливающиеся» мерзлые толщ). Такие грунтовые толщ наиболее широко развиты в бассейнах рек Полюя, Надьма, Пура и Таза. Второй тип грунтовых толщ широко развит в прикарских районах Ямала и Гыданского полуострова, где грунтовые толщ многолетнемерзлые, подстилаются тальми, включающими сильнозасоленные отрицательно-температурные подземные воды (криопэги).

В южных районах Западно-Сибирской плиты к югу от Сибирских увалов в поле развития многолетнемерзлых грунтов довольно часто встречаются участки, где различные по мощности многолетнемерзлые грунты (от 3 м и более) подстилаются тальми и немерзлыми. Такие грунтовые толщ получили наиболее широкое распространение на участках развития обширных торфяных массивов и в местах новообразования многолетнемерзлых пород (Дубиков и др., 1976; Кашперюк и др., 1981).

Талые и немерзлые грунтовые толщ, которые на территории России почти повсеместно можно отнести к сезонномерзлым, наиболее широко распространены в ее европейской части. Это связано с преимущественно равнинным характером поверхности и довольно высокой теплообеспеченностью. Далее на восток, на территории Западно-Сибирской низменности, площадь сплошного развития талых и немерзлых пород существенно сокращается. Они развиты только в южной ее половине примерно южнее широтного отрезка долины р. Оби. В Восточной Сибири сплошное развитие талых грунтовых толщ прослеживается только в юго-западной ее части на междуречных пространствах Приангарского плато и в низовьях Ангары. На Дальнем Востоке они развиты в Приморском крае, на юге Сахалина, на Курильских островах и на юго-востоке Камчатки.

Особенности распространения грунтовых толщ с разной среднегодовой температурой. Под среднегодовой температурой понимается температура пород на подошве слоя ее годовых колебаний за определенный период наблюдений. Формирование

← Пространственное распределение грунтовых толщ с песчаной составляющей на территории России.

Распределение грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей, обособленных по литологическому составу: 1 — преимущественно песчаные грунтовые толщ, часто обогащенные обломочным материалом; 2 — преимущественно песчано-глинистые с преобладанием глинистых в верхней части; 3 — преимущественно песчано-глинистые с преобладанием песчаных в верхней части толщ; 4 — преимущественно песчано-глинистые грунтовые толщ, представленные часто локально перемежающимися по разрезу и по площади песчаными и глинистыми сложно построенными пачками различного генезиса и возраста; 5 — преимущественно песчано-глинистые, перекрытые лёссовыми; 6 — торфяные, подстилаемые преимущественно песчаными грунтами; 7 — торфяные, подстилаемые песчано-глинистыми грунтами; 8 — преимущественно песчаные грунтовые толщ, часто обогащенные обломочным материалом, подстилаемые скальными; 9 — грунтовые толщ с песчаной составляющей, которые могут быть локально развиты преимущественно в речных долинах.

Распределение грунтовых толщ с различным состоянием пород в них:

А — по преобладающим среднегодовым температурам: а-в — не мерзлые и талые грунтовые толщ: а — выше 3°; б — 1÷3°; в — 0÷1°; к-м — многолетнемерзлые грунтовые толщ: к — 0÷1°; л — -1÷-3°; м — ниже -3°.

Б — по степени увлажненности или льдистости: I — III — не мерзлые и талые породы: I — слабоувлажненные, II — увлажненные, III — сильноувлажненные; IV-VII — многолетнемерзлые: IV — льдистые, V — сильнольдистые, VI — льдистые и увлажненные, VII — сильноувлажненные, льдистые и сильнольдистые; VIII — территории возможного локального развития преимущественно по речным долинам грунтовых толщ с песчаной составляющей.

Прочие обозначения: IX — границы распространения грунтовых толщ, обособленных по литологическому составу; X — границы распространения грунтовых толщ с различными среднегодовыми температурами; XI — границы распространения грунтовых толщ с различной степенью увлажненности или льдистости (при несовпадении их с предыдущими границами)

среднегодовых температур грунтовых толщ определяется структурой радиационно-теплового баланса поверхности, тепловым влиянием наземных покровов (снег, растительность, вода), теплопритоком из недр Земли, а также тепломассопереносом в грунтовой толще. В свою очередь характер изменения многих из этих факторов тесно связан с широтной зональностью и высотной поясностью, которые в результате контролируют закономерности распределения среднегодовых температур грунтовых толщ на территории России.

Среди грунтовых толщ немерзлых и талых на схеме пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей обособлены три температурные градации грунтовых толщ, обозначенные соответствующими буквенными индексами, со среднегодовыми температурами: *a* – более 3°C ; *b* – от 1 до 3°C ; *v* – от 0 до $+1^{\circ}\text{C}$. Среди многолетнемерзлых грунтовых толщ выделены также три градации со среднегодовыми температурами: *к* – от 0 до -1°C ; *л* – от -1 до -3°C ; *м* – ниже -3°C . При этом следует иметь в виду, что масштаб схемы позволяет показать лишь общие закономерности в распределении среднегодовых температур в зависимости от региональных тенденций изменения мерзлотообразующих факторов. Поэтому отраженные на схеме диапазоны изменения среднегодовых температур для каждой грунтовой толщи являются лишь фоновыми, наиболее типичными, доминирующими на площади развития конкретной грунтовой толщи или ее части. На самом деле реальная картина изменения среднегодовых температур часто бывает очень пестрой и ее нельзя отразить в масштабе схемы. Особенно это касается горных районов, где на широтную зональность накладывается высотная поясность (понижение температур с ростом высоты рельефа), резко проявляется обогревающее влияние речных долин и влияние целого ряда местных факторов, таких как мощность снежного покрова, растительный покров, заболоченность и дренированность поверхности, расчлененность рельефа, высота, крутизна и экспозиция склонов при наклонной дневной поверхности грунтовой толщи. Для более объективного отражения реальной картины изменения температурного режима некоторые из выбранных градаций среднегодовых температур для грунтовых толщ были объединены. На схеме распространения грунтовых толщ (рисунок) это выразилось в сдвоенном буквенном индексе (**1мл**, **1кл** и т.д.) около номера многолетнемерзлой грунтовой толщи, обособленной по литологическому составу. Для грунтовых толщ, расположенных в зоне несплошного развития многолетнемерзлых пород, где среднегодовые температуры мерзлых пород часто изменяются в интервалах от 0 до -2 или от -1 до -5°C , а в то же время талые породы имеют положительные температуры, среднегодовые температуры грунтовых толщ на схеме обозначены строенным буквенным индексом (**1вкл** и т.п.).

Учитывая сложные пространственные взаимодействия талых и мерзлых пород и нерезкий характер границ между температурными зонами, их следует считать проведенными на схеме приближенно.

Грунтовые толщи талые и немерзлые с положительными среднегодовыми температурами занимают почти всю территорию европейской части России, причем среди них существенно преобладают температуры выше $+3^{\circ}\text{C}$.

Такие грунтовые толщи в пределах Западно-Сибирской плиты приурочены к Южной геокриологической зоне. Среднегодовые температуры от $+1$ до $+3^{\circ}\text{C}$ (**b**) характерны для грунтовых толщ, развитых на севере этой зоны вдоль 60° с.ш. На самом юге Западно-Сибирской плиты широко распространены грунтовые толщи, среднегодовые температуры которых не снижаются ниже $+3^{\circ}\text{C}$ (**a**). В восточной части России грунтовые толщи немерзлые (талые) с положительными среднегодовыми температурами развиты в основном на крайнем юге Дальнего Востока. Высокотемпературные грунтовые толщи (от $+5$ до $+7^{\circ}\text{C}$) приурочены к самым южным районам Приморского края, Сахалина, Камчатки и Курильских островов.

Более низкотемпературные немерзлые грунтовые толщи с температурой ($0...+1^{\circ}\text{C}$) (**v**), протягиваясь полосой с запада на восток, примыкают к зоне развития многолетнемерзлых грунтовых толщ, в частности к зоне прерывистого и островного развития Южной геокриологической зоны. Северную границу немерзлых песков с положительными среднегодовыми температурами проводят по южной границе средней тайги, по предельно южным островам мерзлых пород. В зоне распространения талых и немерзлых пород в средних широтах в холодное время года формируются сезонномерзлые грунты.

Высокотемпературные многолетнемерзлые грунтовые толщи с температурой $0...-1^{\circ}\text{C}$ (**к**) часто перемежаются с тальми породами с температурами $0...-1^{\circ}\text{C}$ (**v**) в виде островов среди них. Они прослеживаются узкой полосой на Кольском полуострове, в нижнем течении р. Печоры. В пределах Западно-Сибирской плиты грунтовые толщи такого типа представлены чаще значительно южнее 64° с.ш. (широта Сибирских увалов). С многолетнемерзлыми грунтовыми толщами здесь часто перемежаются талые породы с преобладающими среднегодовыми температурами от 0 до $+3^{\circ}\text{C}$ (**ав**) (Геокриология СССР. Западная Сибирь, 1989). В пределах Восточной Сибири грунтовые толщи с песчаной составляющей с подобными температурами развиты в основном локально, преимущественно в речных долинах (на схеме территория их возможного распространения обозначена цифрой 9) и имеют обычно более низкие температуры по сравнению с окружающими массивами (из-за инверсионного распределения температур воздуха в долинах). В Забайкалье грунтовые толщи с подобными сред-

негодовыми температурами развиты в условиях массивноостровной мерзлоты в Верхне-Ангарской впадине и в субмеридионально вытянутой Баргузинской впадине, где их температура изменяется от $-0,1$ на юге до $-1,5^{\circ}\text{C}$ в северной части впадины.

Грунтовые толщи с среднегодовой температурой минус $1-3^{\circ}\text{C}$ (*л*) находятся в подзоне прерывистого распространения многолетнемерзлых пород. На севере европейской части России они развиты довольно узкой полосой на участках вдоль арктического побережья, где часто содержат острова талых пород с температурами до $+1^{\circ}\text{C}$ (*б*). Площадь их развития существенно возрастает в пределах Западной Сибири, где они занимают северную половину Северной зоны совместного распространения многолетнемерзлых и талых пород, расположенной между Полярным кругом и широтным отрезком долины р. Оби. Температуры развитых здесь талых грунтовых толщ близки к 0°C , редко поднимаются выше $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ (*б*).

На территории Восточной Сибири грунтовые толщи с песчаной составляющей с преобладанием отрицательных температур от -1 до -3°C (*л*) развиты преимущественно в интервале примерно от 65 до 60° с.ш. Площадное выделение их в масштабе предложенной схемы оказалось возможным в основном на Ленско-Вилуйском междуречье.

Наиболее низкотемпературные грунтовые толщи со среднегодовой температурой ниже -3°C (*м*) зафиксированы в зоне почти сплошного распространения многолетнемерзлых грунтовых толщ. Они развиты на северо-востоке европейской части России, на Полярном Урале, на островах Вайгач и Колгуев. В Западной Сибири такие грунтовые толщи есть в Заполярной зоне, границы которой распространяются от Полярного круга на север до арктического побережья. Среднегодовые температуры пород в ней изменяются от -2 до -3°C у ее южной границы, где, как правило, они ниже -3°C (обозначены на схеме буквой *м*) до $-8^{\circ}-10^{\circ}\text{C}$ в северной части.

На территории Восточной Сибири практически сплошное распространение многолетнемерзлых отложений отмечается от северных окраин до 65° с.ш. Среднегодовые температуры грунтовых толщ колеблются здесь в широких пределах и преимущественно в диапазоне отрицательных температур, изменяясь с юга на север от минус $2-3$ до минус $13-15^{\circ}\text{C}$ (Геокриология СССР. Средняя Сибирь). Грунтовые толщи с песчаной составляющей имеют площадное развитие на севере Восточной Сибири в северной части зоны сплошного распространения многолетнемерзлых пород со среднегодовыми температурами преимущественно ниже -3°C (*1м*, *2м*).

Грунтовые толщи севера Дальнего Востока, примерно до широты Станового хребта, находятся в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород и имеют отрицательные среднегодовые температуры в основном ниже -3°C . Сред-

негодовые температуры грунтовых толщ на этой территории повышаются с севера на юг из-за зонального увеличения прихода солнечной радиации и уменьшения влияния Северного Ледовитого океана. Намечается также тенденция увеличения температур с северо-запада на юго-восток из-за отепляющего влияния Тихого океана, которое прослеживается в полосе шириной $100-200$ км, но особенно проявляется на побережье. Среди развитых там песчаных грунтовых толщ талые толщи с температурами до $0-1^{\circ}\text{C}$ прослеживаются далеко на север до Пенжинской губы. На Камчатке, в пределах Центрально-Камчатской депрессии, она повышается до положительных температур $1-3^{\circ}\text{C}$.

Особенности распространения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей разной степени увлажненности — льдистости. Среди немерзлых и талых грунтовых толщ с песчаной составляющей на схеме выделены три категории по степени влажности: слабоувлажненные (I), увлажненные (II) и сильноувлажненные (III). Они показаны однорядной штриховкой с правым, левым наклоном и вертикальной соответственно. Песчаные толщи относятся к слабоувлажненным при глубине залегания подземных вод более 5 м, когда степень влажности толщи в подавляющем большинстве случаев будет равна или менее $0,5$. Они являются увлажненными, если подземные воды в них залегают на глубине от 2 до 5 м включительно, при этом степень влажности толщи во многих случаях будет равна $0,5-0,8$. Толщи этого состава относятся к сильноувлажненным, если подземные воды залегают на глубинах менее 2 м, при этом степень влажности толщи более $0,8$. Эти же критерии условно приняты и для двухпородных и многопородных грунтовых толщ, в которых крупнообломочные и песчаные грунты преобладают или ими сложена верхняя часть разреза толщи. Все грунтовые толщи двухпородные и многопородные, в строении которых принимают участие немерзлые пески, а верхняя их часть сложена торфяными образованиями, относятся к сильноувлажненным.

Границу между территорией распространения сильно увлажненных грунтовых толщ и территорий распространения слабо и умеренноувлажненных для равнинных территорий России целесообразно проводить по северной границе лесостепи. Она располагается в районе изолинии, соответствующей величине радиационного индекса сухости, равной $0,9$. Для области распространения слабо- и умеренноувлажненных пород характерна величина радиационного индекса сухости более 1 , свидетельствующая о недостаточном увлажнении.

Среди мерзлых грунтовых толщ этого состава в зоне их сплошного распространения по степени льдистости выделены две категории: 1) слабольдистые и льдистые (IV) и 2) сильнольдистые (V). На схеме они показаны двухрядной вертикальной и наклонной штриховкой соответственно. Льдистость

их зависит от состава грунтов и от условий и способа их промерзания. Песчаные грунтовые толщи относятся к слабольдистым и льдистым с объемной льдистостью, меньшей или равной 40% (суммарная весовая влажность обычно не превышает 25%) с поровой разновидностью льда-цемента. К сильнольдистым отнесены грунтовые толщи песчаные с объемной льдистостью больше 40%, содержащей шпирь льда (суммарная весовая влажность обычно больше 25%). К сильнольдистым отнесены и грунтовые толщи, имеющие в своем составе торф, а также содержащие повторно-жильные или пластовые льды.

В зоне несплошного (прерывистого, массивно-островного и редкоостровного) распространения многолетнемерзлых пород, где перемежаются многолетнемерзлые и немерзлые (талые) грунтовые толщи, степень увлажненности талых и степень льдистости мерзлых грунтовых толщ показана одним типом штриховки с подразделением на две категории: 1) увлажненные талые и льдистые мерзлые, больше характерные для горных территорий обособлены на схеме сплошной сдвоенной горизонтальной штриховкой (VI); 2) сильноувлажненные талые и льдистые и сильнольдистые мерзлые, характерные больше для равнинных, часто заболоченных территорий показаны на схеме сдвоенной (сплошной и пунктирной) горизонтальной штриховкой.

Грунтовые толщи с песчаной составляющей, развитые в европейской части России, на большей части ее территории представлены увлажненными грунтами, которые преобладают среди грунтовых толщ со среднегодовыми температурами свыше 3°C. С юга к ним примыкают ограниченные по площади участки развития слабоувлажненных грунтовых толщ в бассейне рек Вятки, Оки, Десны, приуроченных преимущественно песчано-глинистым грунтам, перекрытым лёссовыми грунтами.

С севера их окаймляют сильноувлажненные грунтовые толщи с песчаной составляющей, которые особенно широко развиты на северо-западе европейской части России, в частности в озерной Карелии. Большая увлажненность грунтов здесь связана с неглубоким залеганием грунтовых вод, обилием выпадающих осадков, с нерасчлененностью и заболоченностью территории. Они преобладают среди грунтовых толщ со среднегодовыми температурами 0–3°C.

По побережью Печорской губы и далее на восток до Югорского п-ва развиты многолетнемерзлые сильнольдистые, преимущественно песчаные грунтовые толщи. На севере Западно-Сибирской плиты грунтовые толщи с песчаной составляющей до широты Полярного круга характеризуются сильной льдистостью. Они приурочены к низкотемпературной зоне со среднегодовыми температурами грунтов ниже –3°C. Вдоль побережья арктических морей, в частности на Ямале, в этих толщах

наблюдаются мощные ледовые комплексы, насыщенные (40–80%) многоярусными жилами льда протяженностью десятки метров.

Южнее, к югу от Полярного круга (до широтного отрезка долины р. Оби), в зоне совместного распространения многолетнемерзлых и талых грунтовых толщ развиты льдистые и сильнольдистые мерзлые грунтовые толщи с песчаной составляющей, перемежающиеся с сильноувлажненными талыми толщами (на схеме не разделены). Сильнольдистые грунтовые толщи преобладают в северной части зоны в поле развития грунтовых толщ с температурами –1– –3°C, особенно там, где песчаная часть толщи перекрыта торфяными грунтами.

Сильноувлажненные и увлажненные талые грунтовые толщи развиты на широте г. Тобольска во всех типах грунтовых толщ с очень близким к поверхности залеганием грунтовых вод (менее 2 м), из них песчаные и глинисто-песчаные сильноувлажненные толщи приурочены к юго-востоку центральной части региона, к междуречьям рек Вах, Тым и Кеть. Увлажненные грунтовые толщи развиты в западной части региона в Предуралье, на востоке – в бассейне р. Чулым. Слабоувлажненные грунтовые толщи с песчаной составляющей распространены на крайнем юге Западной Сибири на Тобол-Иртышском междуречье, где преобладают грунтовые толщи со среднегодовыми температурами выше +3°C.

На территории Восточной Сибири сильнольдистые песчано-глинистые грунтовые толщи с доминированием глинистых пород в верхней части развиты на севере в пределах низкотемпературной зоны со среднегодовыми температурами грунтов ниже –3°C. Они представлены аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями, промерзавшими сингенетически. Для них отмечается неравномерная льдистость по разрезу (Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток, 1989). В Яно-Колымском регионе такие грунтовые толщи слагают террасы крупных речных долин. Верхняя их часть, пойменная фация аллювия глинистого состава мощностью до 5–7 м, отличается высокой объемной льдистостью, достигающей с учетом сингенетических повторно-жильных льдов 80% и набором криогенных текстур от массивных до слоистых и «поясковых». Нижняя песчаная часть грунтовой толщи (русловая фация) характеризуется невысокой (20–30%) льдистостью и, главным образом, массивными криогенными текстурами.

Неоднородность состояния по разрезу двухпородных грунтовых толщ, развитых вдоль Арктического побережья, часто связана с их засоленностью. Морские воды с минерализацией менее 30 г/л кристаллизуются в породах при температурах, близких к –1,5 – –2°C, а рассолы могут не замерзать при температурах даже –20°C и ниже. В результате образуются и впоследствии сохраняются отдельные линзы и горизонты захороненных морских высоко-

коминерализованных вод с отрицательной температурой — криопэги, которые обычно приурочены к песчаной составляющей грунтовой толщи.

В некоторых районах северной части России встречаются крупные ледовые комплексы (едомные толщи), которые содержат систему многоярусных повторно-жильных льдов и льдогрунтовых жил мощностью от 10 до 60 м и протяженностью десятки метров. Грунтовые толщи с песчаной составляющей являются частью таких комплексов на Ямале, в дельте Лены, в долине Индигирки, в низовьях Колымы, на Чукотке. Льдистость их в этом случае существенно повышается, достигая 80% и более.

В Забайкалье во впадинах байкальского типа Верхне-Ангарской и Баргузинской преимущественно песчаные грунтовые толщи имеют в целом невысокую льдистость, характеризуются массивной криотекстурой и имеют суммарную влажность 18–20%. В пределах Чарской впадины они отличаются высокой льдистостью из-за широкого развития в долинах рек и в днище впадины инъекционных, повторно-жильных и погребенных льдов мощностью до 10–15 м. Ледяные жилы здесь проникают в преимущественно песчаную грунтовую толщу на глубину до 6–7 м (Геокриология СССР. Горные страны..., 1989).

Преимущественно песчаные грунтовые толщи озерно-аллювиального генезиса олигоцен-раннеплейстоценового возраста, встречающиеся на юге Дальнего Востока в пределах Амуро-Зейской депрессии в зоне островного и и редкоостровного развития мерзлых пород, характеризуются относительно небольшой влажностью — 5–10%, криогенные текстуры преимущественно массивные.

Заключение

Исходя из основного закона инженерной геологии инженерно-геологические особенности грунтовых толщ и их изменения определяются историей геологического развития, современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях — и характером техногенных воздействий. История геологического развития территории, ее тектонический режим определяют генетический тип отложений грунтовых толщ, литологический состав и характер сочетания слагающих их грунтов. Координатное положение грунтовых толщ определяет условия тепло- и влагообеспеченности и их соотношения и в конечном итоге закономерности распространения грунтовых толщ различного состояния, которые, в свою очередь, подчиняются закону зональности. Горизонтальная (широтная) зональность четко проявляется в пределах платформ, в результате чего с севера на юг уменьшаются площади развития многолетнемерзлых грунтовых толщ, повышаются их среднегодовые температуры, уменьшается степень льдистости мерзлых грунтовых толщ и увлажненности талых. В горно-складчатых районах на горизонтальную зональность накладывается высотная поясность, обуславливающая увеличение площади развития многолетнемерзлых грунтовых толщ и понижение их среднегодовых температур с высотой. На крайнем востоке России помимо широтной зональности и высотной поясности огромное влияние оказывает близость акваторий Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект 17-05-00944 А.

ЛИТЕРАТУРА

- Геокриологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. Винница; Картпредприятие, 1997.
- Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / Ред. Э.Д. Ершов. М.: Недра, 1989. 515 с.
- Геокриология СССР. Горные страны юга СССР / Ред. Э.Д. Ершов. М.: Недра, 1989. 359 с.
- Геокриология СССР. Западная Сибирь / Ред. Э.Д. Ершов. М.: Недра, 1989. 453 с.
- Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Ред. Э.Д. Ершов. М.: Недра, 1989. 414 с.
- Груздов А.В., Зилинг Д.Г. Типизация грунтовых толщ Нечерноземной зоны европейской части РСФСР и возможности ее применения при гидромелиоративном строительстве // Инженерная геология. 1980. № 3. С. 16–21.
- Грунтовые толщи Западно-Сибирской плиты / Ред. В.Т. Трофимов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 128 с.
- Дубиков Г.И., Шмелев Л.М. Многолетнемерзлые грунты у южной границы их распространения между Уралом и Обью // Тр. ПНИИИС. 1976. Вып. 49. С. 21–25.
- Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России / Ред. В.Т. Трофимов, Е.А. Вознесенский, В.А. Королев. М.: КДУ, 2011. 672 с.
- Карта грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР масштаба 1:2 500 000 / Ред. В.Т. Трофимов. М.: ГУГК, 1983.
- Каушерюк П.И., Кудряшов В.Г. Некоторые особенности распространения и строения многолетнемерзлых пород Северо-Сосьвинско-Обской области // Инженерные изыскания в строительстве. Реф. сб. ПНИИИС. Сер. 1. 1981. Вып. 2. С. 23–25.
- Сергеев Е.М., Герасимова А.С., Трофимов В.Т. Объяснительная записка к инженерно-геологической карте Западно-Сибирской плиты. М-б 1:1 500 000. М., 1972. 95 с.
- Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. М., 1977. 277 с.
- Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Закономерности пространственного распределения грунтовых толщ на территории России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2008. № 4. С. 45–52.
- Трофимов В.Т., Кропоткин М.П., Фадеев П.И. Грунтовые толщи // Почвенно-геологические условия Нечерноземья / Ред. Н.В. Короновский, А.В. Кожевников, В.И. Бабак и др. М., 1984. С. 289–324.
- Трофимов В.Т., Фадеев П.И. Грунтовые толщи и их отображение на картах // Инженерная геол. 1982. № 3. С. 26–35.
- Трофимов В.Т., Фадеев П.И. Систематика грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР // Природные усло-

вия Нечерноземной зоны РСФСР / Ред. В.А. Всеволожский, Ф.Р. Зайдельман, Г.М. Терешков, Л.В. Бахирева. 1982. Вып. 1. С. 106–119.

Трофимов В.Т., Фадеев П.И., Кротошкин М.П., Лехт В.В. О содержании и методике составления карты грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР // Природные условия Нечерноземной зоны РСФСР / Ред. В.А. Всеволожский, Ф.Р. Зайдельман, Г.М. Терешков, Л.В. Бахирева. 1982. Вып. 1. С. 119–124.

Трофимов В.Т., Фирсов Н.Г. Систематика грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты // Грунтовые толщ Западно-Сибирской плиты / Ред. В.Т. Трофимов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. С. 5–18.

Фадеев П.И. Грунтовые толщ Мещерской низменности и ее строение // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. Вып. 1 / Ред. Е.М. Сергеев. М., 1963. С. 87.

Филатов М.М. Основы дорожного грунтоведения. М.; Л.: Гострансиздат, 1936. 538 с.

Сведения об авторах: *Трофимов Виктор Титович* – докт. геол.-минерал. наук, профессор, зав. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* trofimov@rector.msu.ru; *Красилова Нина Сергеевна* – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* crasilova.nina@yandex.ru