10.53278/2306-9139-2021-2-17-31-37

УДК 624.131.3

К ВОПРОСУ О РАССМОТРЕНИИ ОСАДКИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ КАК МНОГОФАКТОРНОГО АНТРОПОГЕННО ОБУСЛОВЛЕННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

TO THE ISSUE OF CONSIDERATION THE SEDIMENT OF FOUNDATION SOIL AS A MULTIFACTORIAL ANTHROPOGENIC GEOLOGICAL PROCESS

© 2021 П. И. Кашперюк^{1,*}, А. А. Лаврусевич^{1,**}, А. М. Мартынов^{2,***}© 2021 P. I. Kashperyuk^{1,*}, A. A. Lavrusevich^{1,**}, A. M. Martynov^{2,***}

¹ ФГБУ ВО «Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, 26, 129337, Москва, Россия

¹ FSBI HE "National Research Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU)
Sh. Yaroslavskoe, d. 26, g. Moskva, 129337, Russia

² Акционерное общество «Московская объединенная энергетическая компания», АО «МОЭК-Проект», ул. Нижняя Красносельская, д. 28, стр. 2, 105066, Москва, Россия

² Joint Stock Company "Moscow United Energy Company", JSC "MOEK-Project",
ul. Nizhnyaya Krasnosel'skaya, d. 28, str. 2, g. Moskva, 105066, Russia

*npf-sivs@yandex.ru, **lavrusevich@yandex.ru, ***martynov30am@gmail.com

Аннотация. В статье обосновывается необходимость рассмотрения осадок грунтов основания зданий и сооружений не как явления, вызванного уплотнением грунтов основания, а как многофакторного интегрального инженерно-геологического процесса, связанного с вертикальным оседанием грунтов основания, обусловленным уменьшением объема грунта за счет его деформации под нагрузками или изменения (ухудшения) его прочностных и деформационных свойств, вызванного природными и техногенными воздействиями. Авторами впервые формулируется определение «осадки грунтов основания» как многофакторного антропогенно обусловленного геологического процесса. Отмечается, что расчетные прогнозные осадки грунтов основания, рассчитываемые методом послойного суммирования, как правило, превышают фактические значения для слабосжимаемых грунтов на 40–60%, а для сильносжимаемых грунтов они оказываются в несколько раз выше. Такое несоответствие расчетных и фактически наблюдаемых значений осадок грунтов основания авторы видят в механическом подходе при моделировании процесса осадки грунтов основания, в то время как осадка грунтов основания является многофакторным инженерно-геологическим процессом, изменяющимся в пространстве и времени. В работе показан широкий диапазон различных природных геологических и техногенных процессов, влияющих на скорость, величину и длительность осадок грунтов основания конкретных зданий и сооружений.

Annotation. The article substantiates the need to consider the soil sediment of the foundation of any structure not as a vertical displacement of the structure due to compression, compaction or other changes in the rocks lying at its base, but as a multifactorial integral engineering-geological process associated with vertical subsidence of the soil of the base of buildings and structures, due to a decrease in soil volume due to its deformation under load or changes (deterioration) of its strength and deformation properties in the process of natural and technogenic effects. For the first time, S. N. Sotnikov's graph of the inaccuracy in calculating the settlement of soil of the base, calculated by the method of layer-by-layer summation to the actually observed. It is noted that the estimated predicted precipitation of base soils provided by the project for slightly compressible soils, as a rule, is 40–60% higher than actual ones, and for highly compressible soils (weak soils), actual precipitation can be several times higher than calculated. The authors see such a discrepancy in the mechanical approach to modeling the process of sedimentation of base soils, while sediment of base soils is a multifactorial engineering and geological process that changes in space and time. A number of examples in various regions of the country

show a wide range of different natural geological and technogenic processes that affect the unevenness, size and duration of sedimentation of base soils under various buildings and structures. Examples of management and regulation of these processes are given.

Ключевые слова: осадка грунтов основания, уплотнение, слабые (сильносжимаемые) грунты, слабосжимаемые грунты, инженерно-геологический процесс, явление, прочностные и деформационные свойства, расчетные и фактические осадки, прогноз осадок, моделирование осадок

Keywords: Sediment, base soils, weak soils, slightly compressible soils, highly compressible soils, process control, determination error, parameters of geotechnical conditions, forecast of actual sludge

Введение

Все природные процессы выделяются на основе существенных компонентов среды, их определяющих. Так, согласно последним научным разработкам, геологический процесс определяется изменением комплекса компонентов геологической среды во времени и пространстве под воздействием природных и техногенных факторов. На практике геологическая среда выступает не как верхняя часть литосферы вообще, а как конкретная её часть — геологическое тело, которое следует рассматривать как литосистему под названием «грунтовый массив».

Все природные и техногенные геологические процессы протекают исключительно внутри грунтовых массивов. При этом большая часть природных и антропогенно обусловленных (техногенных или инженерно-геологических) геологических процессов, в конечном итоге, проявляется на поверхности земли в виде явления, но значительная часть таких процессов, протекающих внутри грунтового массива, никак (или практически незаметно для глаз наблюдателя) не проявляются в рельефе [5]. К одному из таких, исключительно инженерно-геологических, процессов, с нашей точки зрения, следует относить осадку грунтов основания.

Последнее упоминание в отечественной литературе об осадке как геологическом процессе (точнее, явлении) можно найти в книге П. М. Панюкова (1978 г.), в разработанной им классификации инженерно-геологических явлений [7]. В последние десятилетия в нашей стране под влиянием ведущих научных школ в инженерной геологии, возглавляемых такими авторитетнейшими учеными как Г. К. Бондарик, В. Т. Трофимов и др., по непонятным нам причинам, термин осадка, как инженерно-геологический процесс, выпал из генетико-морфологических инженерно-геологических классификаций.

В инженерной геологии осадка как инженерно-геологический процесс впервые был рассмотрен И. В. Поповым в классическом учебнике по инженерной геологии и в работе В. А. Приклонского ещё в 1951 г. [9,10]. Затем в 1960 г. осадку описал Н. Я. Денисов в учебнике по инженерной геоло-

гии для строителей, в 1975 году Л. Д. Белый в учебнике для вузов по инженерной геологии, возможно первым, дал современную трактовку определения осадки грунтов как инженерно-геологического процесса [1,3]. Однако уже в 1977 году в много-томном учебнике В. Д. Ломтадзе «Инженерная геология» в тексте и в классификации геологических процессов термин «осадка» уже отсутствует [6]. В более поздних работах таких известных инженер-геологов, как Г. К. Бондарик, Г. С. Золотарев, Ю. Б. Тржицинской, В. Т. Трофимов и др., осадка как инженерно-геологический процесс заменяется термином «уплотнение». В принципиальной схеме классификации современных экзогенных процессов на территории Западно-Сибирской плиты В. Т. Трофимов (1986) выделяет на последней ступени ранжирования (подтип) для типа процессов, вызванных уплотнением и конвективным перемещением масс грунта, уплотнение, как «элементарный» природный геологический процесс, приводящий к образованию явлений, выраженных или в рельефе, или в грунтовой толще, или в рельефе и грунтовой толще одновременно [5,18].

Если применить такой же подход к ранжированию инженерно-геологических процессов, то в классе процессов, вызванных изменениями напряженно-деформируемого состояния грунтового массива (т.е. действием гравитационных сил на плакорах по В. Т. Трофимову, 1986), можно выделить тип процессов, обусловленных уплотнением и конвективным перемещением масс грунта, а в последнем — подтип «осадка грунтов основания».

Таким образом, становится очевидным, что «элементарным» природным геологическим или инженерно-геологическим процессом, вызванным пространственно-временными изменениями напряженно-деформируемого состояния грунтовых массивов за счет гравитации или исключительно механического воздействия, будет являться «уплотнение». В случае дополнительного участия в подобных изменениях напряженно-деформируемого состояния грунтов техногенных воздействий «элементарным» процессом будет «осадка грунтов основания», но уже как исключительно инженер-

но-геологический процесс.

Здесь уместно отметить, что в инженерной геологии под термином «уплотнение горных пород» понимается повышение плотности горных пород под действием внешних нагрузок за счет уменьшения их пористости (то есть, исключительно механический процесс) [2,3], а определение термина «осадка грунтов основания» в современной геологической литературе отсутствует.

Осадка грунтов основания — инженерно-геологический процесс

В толковых и терминологических геологических словарях существуют определения терминов «осадка» (дополнительная, полная, конечная, неравномерная, суффозионная, провальная и др.) и «осадка сооружения» в основном в качестве технических терминов [2,12]. В то же время определения терминов «осадка оттаивающего грунта», «осадка тепловая», «осадка при протаивании» (с нашей точки зрения, последние термины являются синонимами) в этих же источниках и в геокриологической литературе даются как для полноценных мерзлотных (криогенных и посткриогенных) процессов [4,8], а, согласно утверждениям В. Т. Трофимова (2017), все мерзлотные процессы должны рассматриваться в инженерной геологии с позиции инженерно-геологической оценки их роли как геологических процессов, вызванных природными и техногенными факторами [13]. Таким образом, следуя подобной логике, «осадка грунтов основания» должна также являться инженерно-геологическим процессом.

Рассматривая осадку грунтов основания, инженер-геолог должен видеть в ней единство процесса и явления. Как процесс, осадка грунтов основания является сложным геодинамическим процессом деформирования грунтовой толщи, оказывающим влияние на все элементы грунтового массива в активной зоне основания сооружения. Ее можно рассматривать как инженерно-геологический процесс, приводящий к изменению состояния, а также прочностных и деформационных свойств грунтов основания.

Осадка грунтов основания, как явление, может наблюдаться в виде конечной деформации самого массива (по значениям величин осадок фундамента) или как деформационные нарушения в конструкциях здания или сооружения.

Как было показано в наших последних публикациях, процесс осадки грунтов основания является реакцией грунтового массива на воздействие нормальной нагрузки от здания или сооружения. Однако осадка грунтов основания возникает и при динамических воздействиях, например вибрации,

на грунтовой массив. В связи с этим, с нашей точки зрения, под «осадкой грунтов основания» следует понимать пространственно-временное однонаправленное (преимущественно вертикальное, различное по продолжительности деформирования) **изменение координат различных частей грунтового массива** в активной зоне основания сооружения, **связанное с трансформацией напряженно-деформируемого состояния, влажности и концентрации порового раствора грунтов** при воздействии на них статических и динамических нагрузок или под влиянием других геологических и инженерно-геологических процессов.

В большинстве случаев, в силу отсутствия явного визуального проявления данного процесса в рельефе, о нем можно судить только по нарушениям в конструкциях (деформационным трещинам, кренам конструкций, величинам осадок цоколей и фундаментов), выявляемых, как правило, при проведении геотехнического (геодезического) мониторинга, а также по незначительным понижениям поверхности грунтового массива непосредственно в приконтактных частях по периметру зданий. Последние должны четко отличаться исследователями от деформаций поверхности земли (грунтового массива), связанных с уплотнением насыпных грунтов в пазах котлована.

Учитывая возрастающие темпы строительства, можно утверждать, что осадка грунтов основания зданий и сооружений является и будет являться очень распространенным инженерно-геологическим процессом. Неравномерная осадка, вызванная обычно или неоднородностью основания, или различными воздействиями на него со стороны сооружения, или локальным внешним воздействием, часто приводит к деформации зданий и сооружений вплоть до их аварийного состояния. По этой причине важнейшей задачей современного фундаментостроения является разработка надежной методики расчета прогнозируемых на стадии проекта величин осадок грунтов основания.

Значения осадок, полученные расчетным методом послойного суммирования, применяемым при прогнозировании осадок грунтов оснований в проектных решениях, на практике в большинстве случаев крайне редко совпадают по величине с фактическими. Даже на уникальных современных объектах происходят осадки, которые намного превышают расчетные значения и вызывают необходимость применения дорогостоящих мероприятий для ликвидации опасного развития процесса. Например, в качестве подтверждения можно привести жилой дом-башню на Ленинградском проспекте в городе Москве. Величина осадки центральной высотной

Рис. 1. График распределения погрешностей расчёта осадки зданий и сооружений методом послойного суммирования к фактически наблюдаемым (по С. Н. Сотникову, 1986, с уточнениями):

- - значения K_d для слабых грунтов (ленточных глин, илов, заторфованных супесей и суглинков и др.); ● - для моренных суглинков полутвердой и твердой консистенции; ▲ - супесчано-суглинистых грунтов различной консистенции; x - для слабосжимаемых грунтов, в основном песков.

части здания намного превысила осадку внешних малоэтажных частей. Толщу грунтов основания пришлось заморозить для прекращения осадки.

Статистику по прогнозам осадки грунтов основания привел в своей докторской диссертации петербургский ученый С. Н. Сотников [11]. Приведенный ниже график был впервые опубликован в последней нашей работе в начале 2020 года [17].

С. Н. Сотников проанализировал соответствие расчетной и фактической осадки зданий и сооружений по 146 объектам, используя собственные наблюдения, отечественные и зарубежные публикации.

На графике по оси абсцисс отложена полная величина фактической осадки в сантиметрах. По оси ординат отношение этой величины к расчетной осадке, полученной методом послойного суммирования, который сегодня, согласно строительным правилам СП 22.13330.2016, остается основным методом проектирования природно-технической системы фундамент-основание. С нашей точки зрения, анализ графика не потерял актуальность и на сегодняшний день.

Теоретически, при надежном прогнозе осадок грунтов основания, все точки должны были бы лечь на горизонтальную прямую со значением $K_d = 1$ либо сгруппироваться вдоль нее в силу погрешностей измерения ($K_d = S_ф / S_p$ — отношение $S_ф$ — фактической осадки к S_p расчетной осадке). Однако груп-

пировки нет. Точки почти равномерно рассеяны по полю графика, что свидетельствует о большом расхождении прогнозов с реальными осадками зданий и сооружений.

По грунтовым условиям все объекты наблюдений С. Н. Сотниковым были разделены на две группы: возведенные на «слабых» грунтах (илах, ленточных глинах, заторфованных супесях и др.) и на плотных грунтах (коренных породах разного состава, глинах и морене полутвердой и твердой консистенции, песках плотных и средней плотности и др.). Результаты по слабосжимаемым грунтам приведены в виде диагональных крестиков.

По результатам наблюдений и расчетов С. Н. Сотниковым были определены отношения $S_ф$ — фактической осадки к S_p — расчетной осадке, обозначенные на графике $K_d = S_ф / S_p$. На нем видно, что осадка большинства объектов на плотных грунтах была не более 25 см, на слабых не более 60 см.

Осадку 9 объектов на слабых грунтах превысила 1 м. Они не показаны на графике из-за масштаба. Расчет S_p в большинстве случаев приводил к большим ошибкам. Так отклонение S_p от $S_ф$ не более чем на $\pm 10\%$ было отмечено только в 16 случаях (11%). Совпадение результатов расчетов с фактической осадкой можно рассматривать как случайное явление, а не как правило.

На объектах с плотными, слабосжимаемыми грунтами основания расчетная осадка оказалась сильно завышенной в сравнении с фактически достигнутой. Отношение расчетной осадки к фактической для этих грунтов достигает 5 и даже 10, т. е. погрешность составляет сотни процентов. Однако такие погрешности расчета неопасны для зданий и сооружений на однородном основании, в большинстве случаев они не требуют дополнительных мероприятий при эксплуатации, а лишь свидетельствуют о значительном перерасходе материалов и рабочего времени для устройства фундамента.

На объектах со «слабыми» грунтами, напротив, расчетная осадка, как правило, меньше фактической. Превышение фактической осадки над расчетной достигает 200%, что, несомненно, требует мероприятий по усилению фундамента и закреплению грунтов после завершения строительства.

Причины недопустимых погрешностей при прогнозе осадки согласно С. Б. Ухову сводятся к двум пунктам: 1) несовершенство расчетной модели в механике грунтов; 2) погрешности данных изысканий, закладываемых в расчет [14].

Величина погрешности определения характеристик массива основания при изысканиях и ее влияние на погрешность расчета осадки мы частично рассмотрели в предыдущих работах [15,16] и пришли к заключению, что для определенных типов фундамента погрешности определения геологических границ и характеристик грунтов при современных методах изысканий могут дать отклонение в расчете осадки грунтов основания до 50% от расчетного значения. В связи с этим, актуальным оказывается выяснение природы погрешностей первого рода, т.е. связанных с неточностью модели процесса осадки грунтов основания. И в этом случае надо говорить не только о геомеханической, но и об инженерно-геологической модели процесса.

Расчетные геомеханические модели процесса осадки базируются на представлении, что осадка есть сжатие грунта под нагрузкой по закону Гука или иным законам, учитывающим фильтрационную консолидацию, пластическую составляющую деформации и другие особенности грунта. Но процесс осадки грунтов основания, который фиксируется геодезическими методами по маркам на стенах здания и наклонам его архитектурных осей, имеет более сложную природу, чем только сжатие грунтов основания от механической статической и/или динамической нагрузок.

Осадку грунтов основания является многофакторным интегральным инженерно-геологическим процессом, протекающим в основании здания с участием конструкции сооружения и окружающей его

природно-технической среды, которая не входит в расчетный объем «луковицы» основания. На величину осадки, помимо статических и динамических нагрузок, оказывают влияние различные геологические и инженерно-геологические процессы, протекающие в активной зоне оснований зданий и сооружений на протяжении всего их жизненного цикла. Такими процессами могут быть набухание, усадка, разуплотнение за счет подтопления или утечек из водонесущих коммуникаций, суффозия, процессы пучения и оттаивания, если промерзание распространяется под фундамент и другие. Дополнительную осадку может вызывать подтопление, из-за которого в большинстве случаев меняются свойства глинистых грунтов. С подтоплением часто связано изменение состава грунтов и ионного состава подземных вод, что влияет на деформационные характеристики грунтов и ведет к приращению осадки. Изменение напряженного состояния массива основания, в связи с проводимыми рядом земляными работами по устройству котлованов, траншей для коммуникаций и вертикальной планировки и даже заменой асфальтного покрытия, может вызывать дополнительную деформацию грунтового основания эксплуатируемых зданий, осадка которых была давно завершена. Суффозия разуплотняет песчаные грунты обычно в отдельных местах основания и вызывает неравномерную осадку некоторых частей сооружения в различные периоды его эксплуатации.

Рассмотрим наиболее показательный пример проявления процесса осадки грунтов основания в жизненном цикле сооружения, когда «слепая» вера конструкторов в число и формулу привела к неоднократным осадочным деформациям здания. В 1990 г. двое из авторов настоящей статьи проводили исследования причины возобновившихся осадочных деформаций 4-х этажного корпуса общежития технического училища им. цесаревича Алексея (ранее «Комсомолец») в г. Егорьевске. Здание было построено в первые послевоенные годы на ленточном фундаменте, заложенном в 1941 г. На фасаде здания на всю его высоту имела сквозная, извилистая, но в целом вертикальная трещина отрыва. Внутри здания она пересекала стены и перекрытия со смещением полов на несколько сантиметров. В задании на обследование здания было указано, что трещина возникла в процессе строительства, была заделана перед сдачей объекта заказчику. Трещина возобновилась после трех лет эксплуатации, вновь была заделана и возникла в третий раз через 40 лет после постройки корпуса. В момент обследования здание было подтоплено, а в подвале стояла вода слоем 10–15 см.

Бурением и шурфами было установлено, что здание общежития Егорьевского технического училища стоит на флювиогляциальных отложениях. Грунты основания одной половины здания представлены суглинком, другой половины — песком. Значения модулей деформации песков и суглинков в условиях подтопления были существенно различны, так как суглинки при замачивании стали больше подвержены деформациям. По аналогии с соседними участками можно заключить, что до замачивания пески и суглинок обладали близкими значениями модуля общей деформации (E), примерно $E = 18$ МПа. По этой причине, видимо, они при расчете осадки были объединены в один расчетный геологический элемент, а, следовательно, здание по проекту должно было иметь одинаковую осадку во всех частях.

При этом не было учтено, что пески, как упругая среда, быстро сжимаются от нагрузки в процессе строительства, тогда как суглинки деформируются медленно и более длительно во времени, обладая свойством пластичности.

Уже в ходе строительства пески фактически полностью прекратили деформироваться под нагрузкой здания. Лежащая на песках его часть осела на расчетную величину, тогда как суглинки за это время не набрали расчетную величину деформации, поэтому над границей песков и суглинков к концу строительства появилась осадочная трещина, её заделали и сдали дом в эксплуатацию. Через три года осадка половины здания, расположенной на суглинках, завершилась и на фасаде здания вновь проявилась трещина. В третий раз трещина возникла после подтопления основания, когда деформационная способность суглинков возросла из-за изменения их состояния и половина здания, стоящая на них, дополнительно осела. Наш прогноз заключался

в том, что в четвертый раз трещина не возобновится, так как грунты полностью уплотнились в условиях замачивания.

Заключение

Приведенные примеры показывают, что расчет осадки методом послойного суммирования без прогноза воздействий на основание в процессе строительства и при эксплуатации зданий приводит к грубым ошибкам в проектах, которые оборачиваются для застройщика новыми расходами на укрепление оснований, фундаментов, иногда даже несущих конструкций, а также на ремонт фасадов.

В геодинамике инженерно-геологический процесс осадки грунтов основания давно выпал из внимания исследователей. Расчеты методом послойного суммирования не обеспечивают требуемой точности и существенным образом расходятся с фактически наблюдаемыми величинами осадок грунтов основания.

Проектирование современных зданий и сооружений диктует необходимость рассмотрения изыскателями и геотехниками осадки грунтов основания как многофакторного интегрального инженерно-геологического процесса и на основании этого разработки надежной методики расчета осадок различных по составу и состоянию грунтов основания зданий и сооружений на весь их жизненный цикл.

Изложенная в работе аргументация, с нашей точки зрения, довольно убедительно свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения осадки грунтов основания как наиболее распространенного инженерно-геологического процесса. В статье также впервые приводится определение осадки грунтов основания как многофакторного инженерно-геологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый Л. Д., Попов В. В. Инженерная геология. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1975, 312 с.
2. Геологический словарь/Редакционная коллегия. Том 2. — М.: Из-во «Недра», 1978, 455 с.
3. Денисов Н. Я. Инженерная геология. М.: Госстройиздат, 1960, 404 с.
4. Ершов Э. Д. Общая геокриология: учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002, 474 с.
5. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России / Под ред. В. Т. Трофимова и Э. В. Калинина. М.: Издательский дом КДУ, 2013, 816 с.
6. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Ленинград: Недра, 1977, 479 с.
7. Панюков П. Н. Инженерная геология. 2-е изд. М.: Изд-во «Недра», 1978, 328 с.
8. Попов А. И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология) М.: Изд-во МГУ, 1967, 386с.
9. Попов И. В. Инженерная геология. М.: Госгеоллиздат, 1951, 443 с.
10. Приклонский В. А. О геологических явлениях, вызываемых инженерной деятельностью человека// Труды Лаборатории гидрогеологических проблем. Т. X. М.: Изд-во АН СССР, 1951, с. 267–273.
11. Сотников С. Н. Строительство и реконструк-

- ция фундаментов зданий и сооружений на слабых грунтах: дис. ... док. тех. наук: 05.23.02. Ленинград, 1986, 440 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008564495>
12. Терминологический словарь-справочник по инженерной-геологии/ Сост. Пашкин Е. М., Коган А. А., Кривоногова Н. Ф.; под ред. Е. М. Пашкина. М.: КДУ, 2011, 952 с.
 13. Трофимов В. Т. О необходимости совершенствования понятийно-терминологической базы инженерной геодинамики и общей классификации современных геологических процессов// Инженерная геология. 2017. №5. С.6–12.
 14. Ухов С. Б., Семенов В. В., Знаменский В. В., Тер-Мартirosян З. Г., Чернышев С. Н. Механика грунтов основания и фундаменты. М.: АСВ, 1994, 527 с.
 15. Чернышев С. Н., Мартынов А. М. Влияние погрешности инженерно-геологических изысканий на точность расчета осадки одиночного фундамента // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 5. С. 81–85.
 16. Чернышев С. Н., Мартынов А. М. Осадка — многофакторный инженерно-геологический процесс // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №6. С. 65–69.
 17. Чернышев С. Н., Кашперюк П. И., Мартынов А. М. Ещё раз об осадке грунтов оснований как многофакторном интегральном инженерно-геологическом процессе // Геоэкология, 2020. №2. С.42–50.
 18. Экзодинамика Западно-Сибирской плиты (протестранственно-временные закономерности)/ под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1986, 245 с.

REFERENCES

1. Bely L. D., Popov V. V. Engineering geology. Textbook for high schools. — M.: Stroyizdat, 1975, 312 p.
2. Geological Dictionary / Editorial Board. Volume 2. — M.: Publishing house "Nedra", 1978, 486p.
3. Denisov N.Ya. Engineering geology. — M.: Gosstoyizdat, 1960, 404 p.
4. Ershov E. D. General geocryology: textbook. M.: Publishing house of Moscow State University, 2002, 474 p.
5. Engineering geology. Engineering geodynamics. Edited by V. T. Trofimova and E. V. Kalinin. — M.: 2013, 816 p.
6. Lomtadze V. D. Engineering geology. Engineering geodynamics. — Leningrad: Nedra, 1977, 479 p.
7. Panyukov P. N. Engineering geology. 2nd ed. M.: Publishing house "Nedra", 1978, 328 p.
8. Popov A. I. Permafrost phenomena in the earth's crust (cryolithology) M.: Publishing house of Moscow State University, 1967, 386p.
9. Popov I. V. Engineering geology. — M.: Gosgeolizdat. 1951, 443 p.
10. Priklonsky V. A. On geological phenomena caused by human engineering activities // Proceedings of the Laboratory of Hydrogeological Problems. T. X. M.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1951. P. 267–273.
11. Sotnikov S. N. Construction and reconstruction of the foundations of buildings and structures on soft soils: the dissertation ... Doctors of technical sciences: 05.23.02. — Leningrad, 1986, 440 p. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008564495>
12. Terminological dictionary-reference book on engineering-geology / Comp. EAT. Pashkin, A. A. Kogan, N. F. Krivonogov; under the editorship of EAT. Pashkin. — M.: KDU, 2011, 952 p.
13. Trofimov V. T. On the need to improve the conceptual and terminological base of engineering geodynamics and the general classification of modern geological processes // Engineering geology. 2017. No. 5. P. 6–12.
14. Ukhov S. B., Semenov V. V., Znamensky V. V., Ter-Martirosyan Z. G., Chernyshev S. N. Mechanics of soils of the base and foundations. — M.: DIA, 1994, 527 p.
15. Chernyshev S. N., Martynov A. M. The influence of engineering and geological survey errors on the accuracy of calculating the precipitation of a single foundation // Industrial and Civil Engineering. 2018. No. 5. P. 81–85.
16. Chernyshev S. N., Martynov A. M. Sediment — a multi-factor engineering-geological process // Industrial and Civil Engineering. 2018. No 6. P. 65–69.
17. Chernyshev S. N., Kashperuk P. I., Martynov A. M. Once again about the sedimentation of basement soils as a multifactorial integral engineering-geolog-