

УДК 624.131.23:631.6

Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, Е. В. Цветкова, Е. А. Степанова, О. И. Карпова

Волгоградский государственный технический университет

ПРОГНОЗ ПОДТОПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

На основе анализа природных (пассивных) и техногенных (активных) факторов подтопления для междуречья Прута и Днестра на примере существующих массивов орошения и гидромелиорации предложена типизация лессовых территорий по потенциальной подтопляемости.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лессовые породы, просадочные отложения, подтопление, активные факторы, пассивные факторы, подземные воды.

Введение

Лессовые просадочные отложения широко распространены на территории Европейской части России. В южных регионах — на территории Волгоградской, Астраханской областей и Ставропольского края — при орошении почти повсеместно используются территории, сложенные данными грунтами. В связи со специфическими особенностями сложения данных грунтов они обладают предрасположенностью к техногенному подтоплению вследствие неконтролируемого либо чрезмерного орошения сельскохозяйственных угодий. Это может привести к выводу из оборота засоленных сельскохозяйственных земель и деформации строительных объектов на них.

Проблема прогноза техногенного подтопления в настоящее время достаточно хорошо решена для промышленно-хозяйственного строительства благодаря исследованиям ВНИ ВОДГЕО и ПНИИИС. В настоящей статье предлагается метод прогноза орошаемых земель на лессовых грунтах, разработанный Ю. И. Олянским и Е. В. Щекочихиной в докторской диссертации последней, защищенной в 2023 г. В нем учитываются разработки вышеуказанных научных организаций и результаты собственных исследований проблемы подтопления орошаемых земель на территории Молдовы, сложенных лессовыми грунтами. В этом и заключается актуальность и научная новизна данной публикации.

Основная часть

Природные условия территории. Территория междуречья Прут — Днестр расположена на юго-западе Русской плиты. Протяженность ее с севера на юг 350 км, с запада на восток 150 км.

В *геоморфологическом отношении* она представлена тремя областями (с севера на юг): полого-увалистые равнины северной части междуречья, Центрально-Молдавская возвышенность (Кодры), полого-увалистые равнины южной части междуречья. Максимальные отметки рельефа составляют около 400 м и приурочены к району Кодр. Глубина эрозионного вреза здесь достигает 200...240 м. Общий уклон рельефа — с севера на юг [1].

В *геологическом строении* территории в пределах верхних горизонтов принимают участие лессовые отложения элювиального, делювиального, пролювиального и эолового генеза, представленные средними и тяжелыми суглинками (в северной части) и средними и легкими суглинками, в том числе и супесями (в южной части).

Мощность лессовой толщи изменяется с севера на юг от нескольких метров до 20...30 м [1]. Подстилающими для нее являются: в пределах водораздельных частей — сарматские глины; в долинах крупных рек (Днестр, Прут, Реут) — песчаные породы разнотернистого состава. На высоких отметках Кодр на поверхности обнажаются сарматские глины и другие морские отложения сармата [2].

Гидрогеологические условия верхней части геологического разреза представлены безнапорным горизонтом грунтовых вод (рис. 1). Глубина залегания уровня воды составляет от 0...4 м в северной части междуречья на водоразделах до 10...20 м на водоразделах юга. Водовмещающими породами являются лессовые отложения. В пределах речных долин глубина залегания уровня воды составляет 5...8 м в северной части региона, 15...20 м в южной части. Водовмещающими являются лессовые породы и отложения аллювиального комплекса [1].

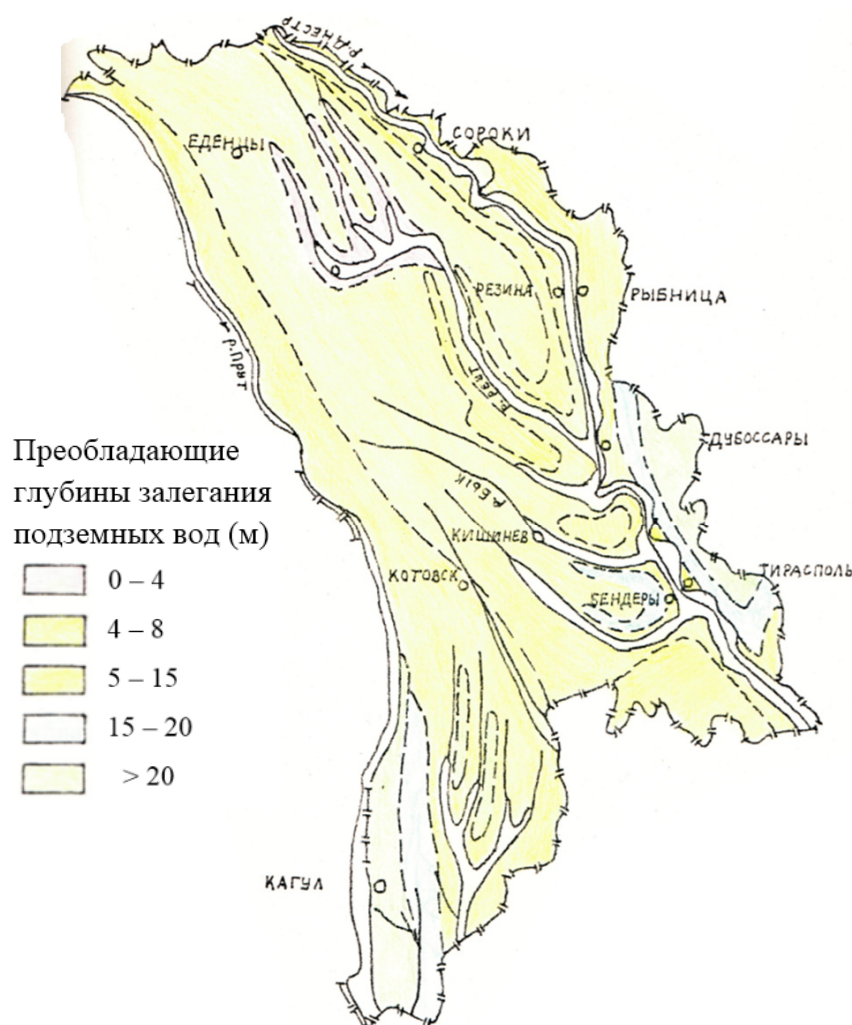


Рис. 1. Схематическая карта распространения первого от поверхности водоносного горизонта на территории Молдавии. Масштаб 1 : 1 500 000

В химическом составе воды из северной части междуречья преобладают ионы Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , в южной части — K^+ , Na^+ , SO_4^{-2} , Cl^- . В северной части междуречья вода в основном пресная, с содержанием солей до 1,0 г/л. Южнее солёность ее увеличивается и на юге достигает 3,0 г/л и более (рис. 2). Общее направление движения подземных вод — с севера на юг и к областям их разгрузки в долинах крупных рек [3].

В настоящее время мелиоративному освоению подвержены четыре территории в северной и южной частях междуречья, это массивы орошения: Каларашский, Рыбницкий, Унгенский, Вулканештский.

Подробное описание гидрогеологических условий указанных массивов орошения приведено ниже.

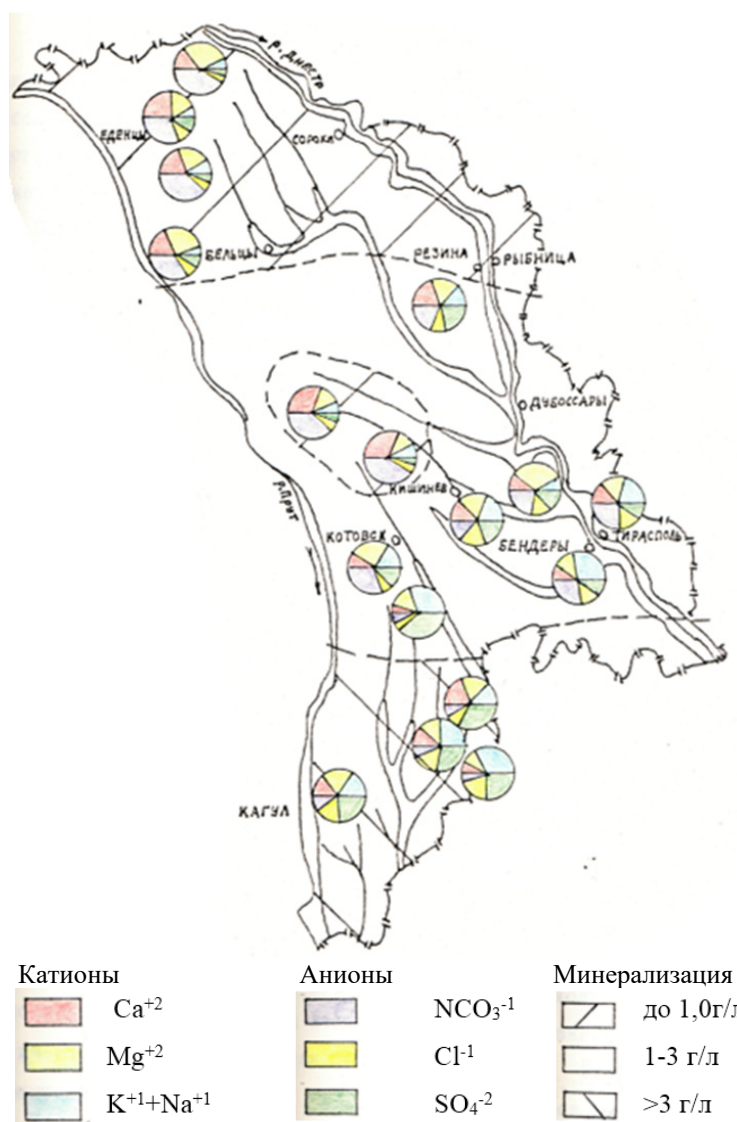


Рис. 2. Схематическая карта химического состава воды первого от поверхности водоносного горизонта. Масштаб 1 : 1 500 000

Подземные воды надпойменных террас рек Днепр и Прут. Размеры надпойменных террас этих рек различные: иногда они протягиваются на многие километры, иногда проявляются в виде отдельных фрагментов, располагаясь на склонах долин и на водоразделах. Поверхность у них обычно ровная — к руслу основной реки, иногда расчлененная балками и долинами небольших рек. Мощность и состав пород, слагающих разные террасы, разнообразны. На высоких террасах мощность покровов обычно больше, чем на низких. Верхняя часть геологического разряда сложена лессовидными суглинками с прослоями ископаемых почв красно-бурого цвета мощностью до 2,0...3,0 м. Общая мощность лессовой толщи достигает 15,0...20,0 м. Подстилающими отложениями являются пески различной крупности или гравийно-галечниковый грунт. Террасовые отложения подстилаются чаще всего глинами и карбонатными породами сармата [4].

Грунтовые воды в террасовых отложениях приурочены чаще всего к русловой фации либо полностью отсутствуют в пределах разреза. Отдельные маломощные горизонты подземных вод могут быть приурочены к лессовым отложениям, залегающим на мощной красно-бурой толще или ископаемой почве, как это имеет место на Рыбницком массиве орошения в районе сел Воронково и Мокра. Протяженность водонасыщенных суглинков невелика в связи с «невыдержанностью» водоупорной толщи пород [5].

Глубина залегания грунтовых вод контролируется мощностью аллювиальных отложений и составляет 1,0...30,0 м: на низких террасах меньше, на высоких обычно превышает 15,0 м. Мощность обводненных пород, как правило, составляет несколько метров и в редких случаях достигает 8,0...10,0 м [6].

Фильтрационные свойства пород изменяются в широких пределах. Результаты опытных откачек показывают, что коэффициент фильтрации песчаных образований террас варьирует от десятых долей до десятков метров в сутки, увеличиваясь с возрастанием крупности частиц и содержания гравия. Значительно меньшее водопроницаемость лессовой толщи. Коэффициент фильтрации ее колеблется от десятых долей до десятых метров в сутки. Определение этих показателей проводилось методом налива в шурфы. Вода, как правило, пресная или слабоминерализованная гидрокарбонатного, кальциевого, магниевого или, реже, натриевого состава с минерализацией до 1,0 г/л.

Движение водного потока контролируется двумя основными направлениями: от склона к руслу и вниз по падению реки [7].

Режимные наблюдения за грунтовыми водами надпойменных террас реки Днестр проводились на Каларашском и Рыбницком орошаемых массивах. На графиках колебания уровня грунтовых вод видно, что мощность водоносного горизонта повышается преимущественно в теплый период с марта-апреля по сентябрь-октябрь, а уменьшается с сентября-октября по март-апрель.

Химический состав подземных вод на орошаемых террасах Днестра изменяется весьма незначительно. Причем эти изменения даже в пределах сравнительно небольших территорий по разным скважинам различны.

Единой направленности в сторону увеличения или уменьшения минерализации воды за период наблюдений не зафиксировано [6].

Наблюдения за режимом грунтовых вод подпойменных террас реки Прут проводились на Унгенском орошаемом массиве совхоза Прут. В целом за весь период наблюдений закономерных изменений в химизме грунтовых вод, связанных с орошением, не наблюдалось. В одних скважинах наблюдается увеличение общего содержания солей, в других — опреснение. В первые десять лет эксплуатации массивов орошения в Унгенском и Каларашском районах подъем уровня составил 4,5 м в первом и 5,4 м во втором.

Подземные воды орошаемых земель на водоразделах и склонах долин изучались на примере Вулканештского массива орошения. Междуречья Молдавии представлены пологими выровненными участками поверхности. Густая эрозионная сеть обусловила их небольшую протяженность. Наиболее крутые участки водоразделов, достигающие в ширину нескольких километров, встречаются в северной части (Балтская степь) и в юго-восточной части республики (между Днестром и Япугом). В геологическом строении междуречий принимают участия различные образования. На поверхности везде залегает покровный лессовидный суглинок. В северной части республики его мощность не превышает 2,0...6,0 м, в южном направлении — увеличивается и достигает 30,0...40,0 м. Суглинки с поверхности преимущественно тяжелые или даже глины. Более легкие разновидности залегают глубже. Подстилающими отложениями являются сарматские глины [7].

Грунтовые воды на междуречьях встречаются как в пространственно-выдержанных водоносных горизонтах, так и в виде спорадических скоплений. В северной части Молдавии и на склонах, где мощность покровной толщи невелика, чаще встречаются воды спорадического распространения, приуроченные к коренным отложениям сармата. Глубина залегания грунтовых вод изменяется в различных пределах. В большинстве случаев она превышает 10,0 м. Глубокие заложения грунтовых вод чаще всего встречаются на юге республики и могут достигать 50,0...70,0 м [6].

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и оросительных вод. Разгрузка осуществляется за счет испарения или подземного стекания, в том числе в нижерасположенные водоносные горизонты. Водопроницаемость залегающих в междуречьях покровных суглинков невелика. Коэффициент фильтрации, определенный по данным опытных наливов в шурфы, чаще всего находится в пределах от тысячных до десятитысячных долей метра в сутки. Своеобразным проявлением гидрогеологических процессов является наличие мочажистых участков переувлажненных земель на склонах, что вызывается высачиванием подземных вод на поверхность.

Химический состав грунтовых вод неоднороден, но существует общая закономерность: на водоразделах воды с пониженной минерализацией встречаются чаще, чем на склонах. Состав воды здесь гидрокарбонатно-кальциевый или гидрокарбонатно-натриевый, с минерализацией 0,3...1,5 г/л. Грунтовые воды склонов нередко собирают воду подземных сооружений,

вследствие чего их минерализация может достигать 10,0...15,0 г/л при сульфатно-гидрокарбонатном или сульфатном составе [6].

Орошение водоразделов и склонов речных долин в республике началось позже, чем других территорий, поэтому стационарное наблюдение за режимом грунтовых вод здесь было организовано позже и только на одном участке пальметтного совхоза в Бричанском районе. Дольше других орошается Вулканешский массив, однако наблюдения за режимом здесь не проводились. Результаты режимных наблюдений позволяют сделать следующий вывод: большая глубина залегания грунтовых вод и отсутствие засоленных почв дают основания полагать, что влияние орошения на естественный гидрогеологический режим таких территорий пока не проявляется. За полтора года наблюдений на территории полигона в Бричанском районе определяющих закономерностей изменений уровня грунтовых вод не выявлено. Уровни воды характеризуются резкими несинхронными колебаниями в разных скважинах, имея тенденцию к повышению со скоростью 0,1...0,3 м/год.

По аналогии с ранее сделанными выводами можно утверждать, что орошение водоразделов и склонов пока не вызывает существенного изменения химических режимов грунтовых вод.

В заключение следует подчеркнуть, что режим грунтовых вод на орошаемых землях региона определяется в основном естественными природными факторами.

Прогноз подтопления массивов орошения на лессовых территориях.

В соответствии с действующим в настоящее время Руководством по прогнозам подтопления промышленных площадок подземными водами, разработанным ВНИ ВОДГЕО и ПНИИИС, прогноз подтопления осваиваемых территорий осуществляется на стадии инженерно-геологических изысканий, основной метод, используемый изыскательскими организациями, — метод инженерно-геологических аналогий. Застройки (освоения) сравниваются с типизацией территории по инженерно-геологическим и другим условиям, предложенным авторами Руководства [8—13].

Априори считается, что активность подтопления подземными водами зависит от двух видов факторов — активных и пассивных. Активные факторы обеспечивают поступление техногенных вод в водоносный горизонт, пассивные — это природные условия, способствующие накоплению вод.

Зависимость гидрогеологического режима от влияющих на него факторов носит весьма сложный характер. Он определяется общим количеством и интенсивностью атмосферных осадков, температурой и влажностью воздуха, условиями увлажнения грунта за предыдущие периоды, фильтрующими и коллекторскими свойствами водоносного горизонта и зоны аэрации, глубиной залегания уровня грунтовых вод, условиями водообмена с другими водоносными горизонтами, взаимосвязью с поверхностным стоком и др. [14—20].

В табл. приведены результаты обобщения пассивных факторов подтопления на территории междуречья Прут — Днестр и предложена ее типизация по потенциальной подтопляемости.

*Характеристика природных (пассивных) факторов подтопления
территории междуречья Прут — Днестр*

Факторы	Полого-увалистые равнины севера		Полого-увалистые равнины юга	
	Водоразделы	Долина рек	Водоразделы	Долина рек
Климатические:				
среднегодовое количество осадков, мм	509	509	489	489
относительная влажность, %	81	61	60	60
испаряемость, мм	639	638	676	676
коэффициент увлажнения	0,80	0,80	0,72	0,72
Геоморфологические:				
горизонтальное расчленение рельефа, км/км ²	1,0...2,0	1,0...2,0	1,0...2,0	1,0...2,0
вертикальное расчленение рельефа, м	10,0...20,0	1,0...2,0	5,0...1,0	5,0...1,0
Геологические:				
мощность лессовой толщи, м	0...5,0	5,0...6,0	10,0...25,0	8,0...15,0
подстилающие отложения	Глина сармата	Аллюви-альные пески	Плиоцен четвертичной глины	Аллювиаль-ные пески
глубина залегания подземных вод, м	8,0...10,0	3,0...5,0	15,0...20,0	7,0...15,0
Тип территории по потенциальной подтопляемости	I, II	III, IV	III	IV

Примечание:

I тип — сильноподтопляемые территории; подъем уровня может составить 1,5...2,0 м/год, воды достигнут поверхности.

II тип — среднеподтопляемые территории; подъем уровня может составить 0,5...1,0 м/год.

III тип — слабоподтопляемые территории; подъем уровня менее 0,3 м/год.

IV тип — неподтопляемые территории; подъем уровня подземных вод не произойдет благодаря хорошей природной дренированности геологического разреза, либо подъем будет происходить, но вследствие его глубокого залегания это не повлияет на инженерно-геологические условия массива орошения.

Заключение

Выполненные исследования являются продолжением научного изучения обширной проблемы, обусловленной инженерным освоением территорий, сложенных просадочными породами и используемых в качестве оснований для инженерных сооружений. Данные исследования проводятся в Институте архитектуры и строительства ВолгГТУ на протяжении ряда лет.

Проблема строительства на указанных грунтах является особенно острой для южных регионов РФ, Украины и Молдовы. От грамотного ее решения зависит обеспечение устойчивости различных инженерных сооружений. Результаты исследований будут полезны проектировщикам и строителям, работающим в данной области строительства на просадочных грунтах; могут использоваться в учебном процессе строительных вузов при подготовке инженерных и научных кадров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олянский Ю. И., Богдевич О. П., Вовк В. М. Инженерно-геологические особенности лессовых пород Молдавии // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 1994. № 1. С. 65—75.

2. Изменение состава и свойств лессовых пород при техногенном обводнении / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, Т. М. Тихонова, И. Ю. Кузьменко. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2015. 204 с.
3. Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Калиновский С. А. Прогнозирование послепросадочного уплотнения замедленно просадочных лессовых грунтов при строительстве гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2019. № 8. С. 13—17.
4. Олянский Ю. И., Богомолов А. Н., Чарыкова С. А., Киселева О. В. Геоэкологические проблемы гидромелиорации территории Южной Молдавии // Научный потенциал регионов на службу модернизации. 2013. № 2(5). С. 46—49.
5. Зеленин И. В., Лазаревская Л. А., Подражанский В. А. Режим грунтовых вод на орошаемых землях Молдавии // Методы и результаты гидрогеологических исследований в Молдавии. Кишинев : Штиница, 1980. С. 96—126.
6. Подражанский В. А. Грунтовые воды орошаемых земель Молдавии // Методы и результаты гидрогеологических исследований в Молдавии. Кишинев : Штиница, 1980. С. 80—90.
7. Подражанский В. А. Гидрологические условия орошения земель в Молдавии. Кишинев : Штиница, 1975. 105 с.
8. Опыт прогноза подтопления лессовых территорий / А. Н. Богомолов и др. // Проблемы снижения природных опасностей и рисков : материалы Междунар. научн.-практ. конф. «Геориск-2012» : в 2 т. Т. 1. М. : Изд-во РУДН, 2012. С. 39—43.
9. Щекочихина Е. В., Кузьменко И. Ю., Степанова Е. А. Опыт прогноза подтопления лессовых территорий // Проблемы геологии и освоения недр : тр. XVII Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова. Т. 1. Томск, 2013. С. 496—498.
10. Олянский Ю. И. Опыт оценки послепросадочного уплотнения лессовых пород по лабораторным испытаниям // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Естеств. науки. 2005. Вып. 4(14). С. 81—85.
11. Щекочихина Е. В., Калиновский А. С., Степанова Е. А. Цель и задачи инженерно-геологических изысканий для проектирования гидротехнического строительства на просадочных грунтах // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2016. Вып. 51(70). С. 5—13.
12. Olyansky Yu. I., Shekochihina E. V., Kalinovskiy S. A. Features of assessment of subsidence properties of loess rocks in the design of bases and foundations in central Moldova // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 2018. Pp. 042058.
13. Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A. Predicting the post-subsidence consolidation of slowly subsiding loess soils in constructing hydraulic structures // Power Technology and Engineering. 2020. Vol. 53. Iss. 5. Pp. 545—548.
14. Olyansky Yu. I., Shekochihina E. V., Kalinovskiy S. A. Researches of the seismic properties of clay soils for seismic microzoning // FarEastCon 2019 : International Sci. and Tech. Conf. Vol. 753. Vladivostok, 2020. Pp. 022005.
15. Осипова О. Н., Олянский Ю. И., Тихонова Т. М., Кузьменко И. Ю. Прогноз подтопления лессовых территорий методом инженерно-геологических и вероятностных аналогий // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2013. № 4(173). С. 110—114.
16. Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A. Forecast of magnitude post subsidence compaction at the building on slow-subsidence of loess soils // E3S Web of Conferences. 22nd International Sci. Conf. on Construction the Formation of Living Environment. 2019. Pp. 04001.
17. Olyansky Yu. I., Kalinovskiy S. A. Features of construction of buildings and constructions on loessial the bases in Moldova // Engineering : Construction — The Formation of Living Environment : XXI International Sci. Conf. on Advanced in Civil. 2018. Pp. 062034.
18. Olyansky Yu. I., Kuzmenko I. Yu., Shchekochikhina E. V. Features of construction buildings on the loessial soil of central Moldova // Procedia Engineering. 2016. Pp. 2208—2212.
19. Methodology of natural risk assessment in Russia / V. I. Osipov, V. I. Larionov, V. N. Burova, N. I. Frolova, S. P. Sushchev // Natural Hazards. 2017. Vol. 88. No. S1. Pp. 17—41.
20. Osipov V. I., Burova V. N., Karfidova E. A. Methodological principles of geo-hazard vulnerability evaluation of capital construction assets in urbanized areas // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2017. Vol. 53. No. 6. Pp. 420—425.

© Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Цветкова Е. В., Степанова Е. А., Карпова О. И., 2025

Поступила в редакцию
29.09.2025

Ссылка для цитирования:

Прогноз подтопления лессовых территорий при гидромелиорации / Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, Е. В. Цветкова, Е. А. Степанова, О. И. Карпова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 4(101). С. 158—166. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_158.

Об авторах:

Олянский Юрий Иванович — д-р геол.-минерал. наук, доц., проф. каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; olyansk@list.ru

Щекочихина Евгения Викторовна — д-р геол.-минерал. наук, доц., проф. каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; evg-schek@yandex.ru

Цветкова Елена Владимировна — канд. техн. наук, ассистент каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; elentsvetkova@yandex.ru

Степанова Екатерина Александровна — старший преподаватель каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ekserstepan@bk.ru

Карпова Ольга Ивановна — старший преподаватель каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; olga.vist@mail.ru

Yurii I. Olyanskii, Evgeniya V. Shchekochikhina, Elena V. Tsvetkova, Ekaterina A. Stepanova, Olga I. Karpova

Volgograd State Technical University

FORECAST OF FLOODING OF FOREST AREAS DURING WATER RECLAMATION

Based on the analysis of natural (passive) and technogenic (active) factors of flooding for the Prut and Dniester interfluvium, using existing irrigation and hydromelioration areas as an example, a classification of loess territories according to potential flooding is proposed.

Key words: loess rocks, subsidence deposits, flooding, active factors, passive factors, groundwater.

For citation:

Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Tsvetkova E. V., Stepanova E. A., Karpova O. I. [Forecast of flooding of forest areas during water reclamation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 4, pp. 158—166. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_158.

About authors:

Yurii I. Olyanskii — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; olyansk@list.ru

Evgeniya V. Shchekochikhina — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; evg-schek@yandex.ru

Elena V. Tsvetkova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; elentsvetkova@yandex.ru

Ekaterina A. Stepanova — Senior lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ekserstepan@bk.ru

Olga I. Karpova — Senior lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; olga.vist@mail.ru