

23. McGarigal, K. E., Marks, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*. Portland, OR, US, 1995.
24. Mike, A. Management Planning for Nature Conservation a Theoretical Basis & Practical Guide. *Springer Netherlands*, 2013, 508 p.
25. O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, vol. 1 (3), pp. 153–162.
26. Peterken, G. F. *Woodland Conservation and Management*. London, Chapman and Hall Publ., 1993.
27. Pizzolotto, R., Brandmayr, P. An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and Geographic Information System techniques. *Coenoses*, 1996, vol. 11, pp. 37–44.
28. Rüdiger, J., Tasser, E., Tappeiner, U. Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 2012, vol. 15, pp. 208–216. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.09.027.
29. Walz, U., Stein, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 2014, vol. 22, pp. 279–289. DOI: 10.1016/j.jnc.2014.01.007.
30. Wróbleka, T., Erb, K. H., Schulz, N. B., Peterseil, J., Hahn, C., Haberl, H. Linking Pattern and Process in Cultural Landscapes. An Empirical Study Based on Spatially Explicit Indicators. *Land Use Policy*, 2004, vol. 21, pp. 289–306. DOI: /10.1016/j.landusepol.2003.10.012.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДНЫХ КАНАЛОВ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АГЛОМЕРАЦИЙ

Попова Валентина Владимировна, старший преподаватель, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: vv.popova@omgau.org

Троценко Ирина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: ia.trotsenko@omgau.org

Колесниченко Сергей Сергеевич, магистрант, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: ss.kolesnichenko1826@omgau.org

Защита от негативных процессов подтопления и затопления – один из наиболее важных элементов благоустройства городов и населённых пунктов. Основной задачей исследований является разработка комплекса инженерно-технических, организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на защиту от подтопления жилой застройки, хозяйственных объектов и территории населённого пункта на примере г. Купино Новосибирской области. Анализ неблагоприятной экологической ситуации показывает, что причинами нарушения поверхностного стока и подтопления территории является изменения естественного рельефа, а также отсутствие вертикальной планировки и ливневой канализации. В результате непосредственного затопления поверхностными водами разрушению подвержены фундаменты зданий и сооружений, которые под вредным воздействием вод постепенно разрушаются и приходят в аварийное состояние. Территория инженерной защиты частично включает в себя застроенную часть г. Купино и составляет 286 га. Отвод поверхностных

и, частично, грунтовых вод предполагается осуществить самотечным способом по проектируемым транспортирующим 18 каналам системы водоотведения, протяжённостью около 7 км в аванкамеру (НС № 2) и далее от насосной станции напорным трубопроводом в оз. Воинское. Расчётные максимальные расходы были определены согласно СП33-101-2003. Затраты на мероприятия по защите от вредных воздействий необходимо сопоставить с предотвращаемым ими ущербом для определения эффективности затрат, направленных на финансирование работ и мероприятий по защите окружающей среды от вредного воздействия вод. При выполнении данных работ затраты на строительство осушительной системы составит в 2,5 раза меньше, чем предотвращенный ущерб.

Ключевые слова: инженерная защита от подтопления, поверхностный сток, затопление застроенной территории, система осушения территории

GEOECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF WATER DRAINAGE CHANNELS OF RESIDENTIAL TERRITORIES

Popova Valentina V., Senior Lecturer, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 1 Institskaya Sq., Omsk, 644008, Russian Federation, e-mail: vv.popova@omgau.org

Trotsenko Irina A., Ph. D. in Agriculture, Associate Professor, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 1 Institskaya Sq., Omsk, 644008, Russian Federation, e-mail: ia.trotsenko@omgau.org

Kolesnichenko Sergey S., undergraduate, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 1 Institskaya Sq., Omsk, 644008, Russian Federation, e-mail: ss.kolesnichenko1826@omgau.org

Protection from negative processes of flooding the territory is one of the most important elements of urban improvement. The main objective of the research is to develop a set of engineering and organizational measures aimed at protecting the city of Kupino, Novosibirsk Region, from flooding. Analysis of the unfavorable environmental situation shows that the causes of surface runoff disturbance and flooding of the territory are changes in the natural landscape. Also, flooding occurs in the absence of a vertical layout and stormwater drainage. As a result of direct flooding by surface waters, the foundations of buildings and structures are subject to destruction, which are destroyed and come into emergency condition. The territory of engineering protection partially includes the built-up part of the city of Kupino and amounts to 286 hectares. Surface and partly groundwater will be drained by gravity through the designed transporting 18 channels of the sewage system. The network is about 7.0 km long. Water will flow into the pumping station further through the pressure pipeline to lake Voinskoue. The estimated maximum consumption were determined in accordance with SP 33-101-2003. The costs of measures to protect against harmful effects must be compared with the damage they prevent to determine the cost effectiveness. When carrying out these works, the cost of building a drainage system will be 2.5 times less than the prevented damage.

Keywords: engineering protection against flooding, surface runoff, flooding of the built-up territory, territory drainage system

Благоустройство населённых пунктов – комплекс предусмотренных правилами благоустройства территории поселения мероприятий по содержанию территории, а также по повышению комфортности условий проживания граждан. Защита от негативных процессов подтопления и затопления – один из наиболее важных элементов благоустройства городов и населённых пунктов.

Подтопление и затопление территории является причиной аварийных или иных чрезвычайных ситуаций, сложившихся вследствие ливневого паводка, сложной ледовой обстановки, пропуска вод в катастрофически большом количестве, нарушение транзита поверхностного стока по отводящим системам.

Основную часть ущерба составляют разрушенные и повреждённые жилые, административные, хозяйственные и другие объекты и сооружения, снижение качества почв, ухудшение условий жизни населения [1; 2].

Целью исследования является изучение природных и техногенных условий формирования процессов подтопления и затопления застроенной территории. Учитывая масштабность негативных последствий в данной работе решается следующая задача – разработка комплекса инженерно-технических, организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на защиту от подтопления жилой застройки, хозяйственных объектов и территории населённого пункта на примере г. Купино Новосибирской области, а также улучшение экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки и социально-бытовых условий проживания населения.

Районный центр г. Купино расположен в области замкнутого стока Обь-Иртышского междуречья, для которой характерна слабая дренированность территории и отсутствие развитой гидрографической сети. В естественных условиях местный поверхностный сток воды с водосборов достигает водоприёмников, в качестве которых выступают естественные межгрядные понижения, в условиях Кулундинской степи образующие озёра бессточного типа в пределах и за пределами города [3].

Аккумуляция поверхностного стока во всех естественных понижениях рельефа и искусственно образованных ёмкостях приводит к подпитке и подъёму уровня грунтовых вод. На режим грунтовых вод влияют также мелкие бессточные озёра, имеющиеся в черте города. Уровень подземных вод в период проведения изысканий зафиксирован на глубине 0,9–1,6 м. Максимальный уровень грунтовых вод отмечается в августе, минимальный – в марте – апреле. Средняя многолетняя амплитуда колебания уровня грунтовых вод составляет 0,6–1,0 м [3; 4].

Формирование поверхностного стока воды с водосборов происходит в основном в период весеннего снеготаяния (апрель – май), в редких случаях летом – осенью при значительных дождевых осадках, но в основном не превышая весенний сток по объёму и максимальным расходам. В отдельные годы отмечаются дождевые осадки в период таяния снега, увеличивая весенний сток. Среднегодовое количество осадков составляет 368 мм.

Кроме естественных факторов в развитии процессов затопления и подтопления значительную роль играют техногенные факторы, связанные с застройкой без инженерной подготовки территории, к которым относятся:

- отсутствие планировки рельефа при новой застройке территории;
- отсутствие ливневой канализации;
- недостаточный объём существующей сети канализации города;
- утечки воды из существующих сетей водоснабжения и канализации;
- строительство насыпей автодорог, железной дороги без достаточного количества водопропускных сооружений [4].

В результате вышеизложенных факторов происходит ежегодное затопление и подтопление застроенной части территории г. Купино, что является причиной возникновения неблагоприятной экологической ситуации. Анализ

природных и техногенных условий рассматриваемой территории показывает, что для инженерной защиты территории необходимо наметить систему защитных мероприятий.

Необходимость осуществления инженерной защиты территории г. Купино вызвана тем, что в последние годы на рассматриваемой территории сложилась и продолжает ухудшаться неблагоприятная экологическая ситуация из-за существующих гидрогеологических условий.

Во время весеннего снеготаяния, а также после летне-осенних дождей часть территории подвергается затоплению поверхностными водами. Характер и продолжительность затопления зависит от водности лет. Вода затопляет кюветы автодорог, естественные понижения рельефа. Затоплению поверхностными водами подвергаются жилые дома, хозяйственные постройки, коммуникации. В результате непосредственного затопления поверхностными водами разрушению подвержены фундаменты зданий и сооружений, которые под вредным воздействием вод постепенно разрушаются и приходят в аварийное состояние.

Непосредственное затопление поверхностными водами вызывает подъём уровня грунтовых вод, тем самым наносится ущерб объектам экономики, жилищному фонду, инфраструктуре, населению.

Территория инженерной защиты частично включает в себя застроенную часть г. Купино и составляет 286 га. Отвод поверхностных и, частично, грунтовых вод предполагается осуществить самотечным способом по проектируемым транспортирующим каналам системы водоотведения, протяжённостью около 7 км в аванкамеру (НС № 2) и далее от насосной станции напорным трубопроводом в оз. Воинское (рис.).

Для организации осушения территории г. Купино и прилегающей территории необходимо:

1. Выполнить отвод поверхностных вод с территории города путём строительства сети водоотводных каналов и сооружений на них.
2. Организовать сети наблюдательных скважин на всей площади города.
3. Организовать наблюдение (мониторинг) за режимом грунтовых вод.
4. Согласно СП 33.101.2003, осушительную сеть допускается рассчитывать на пропуск расходов 10 % обеспеченности весеннего половодья [5].
5. При отсутствии гидрометрических наблюдений максимальный сток воды весеннего половодья определяют в соответствии со СП 33.101.2003 для водосборов с площадями от элементарно малых (менее 1 км) до 20000 км.
6. Так как наблюдается ежегодное варьирование расходов и уровней поверхностного стока, естественного увлажнения территории (осадков и испарения), то для учёта этой изменчивости при проектировании защитных сооружений необходимо выбрать расчётную вероятность превышения (обеспеченность) этих величин. При расчётах использовались среднеголетние параметры поверхностного весеннего и дождевого стока.



Рис. Обзорная схема территории г. Купино

Для расчёта притока воды в траншею принимаются коэффициенты фильтрации грунтов, приведённые в таблице 1. Расчётные максимальные расходы были определены согласно СП [6], соответствуют ежегодной вероятности P5% и P1%. Расход поверхностного стока территории для проектируемых каналов приведён в таблице 2.

Таблица 1

Коэффициенты фильтрации грунтов

Наименование грунта	Номер ИГЭ	Кф, м/сут.	μ, д. един.
Суглинок тяжёлый пылеватый	ИГЭ-2а, ИГЭ-2б	0,05	0,02
Суглинок лёгкий пылеватый	ИГЭ-2в	0,07	0,06
Глина лёгкая пылеватая	ИГЭ-3а, ИГЭ-3б	0,01	0,01

Таблица 2

Расход поверхностного стока территории для проектируемых каналов

Канал	Расход поверхностного стока, м ³ /с	Площадь водосбора, га
К-1	0,068	1,982
К-2	0,045	0,543
К-3	0,188	1,385
К-4	0,040	0,549
К-5	1,489	0,402

K-6	0,616	5,037
K-7	1,262	5,496
K-8	1,997	5,022
K-9	0,015	0,172
K-10	2,383	2,907
K-11	0,197	1,515
K-12	5,551	52,707
K-13	0,795	9,269
K-14	3,506	42,488
K-15	15,458	148,492
K-16	0,056	1,803
K-17	0,089	2,885
K-18	15,652	3,387

Глубина каналов определена согласно гидравлическим расчётам с учётом запаса на заиление и представлена в таблице 3. С учётом рельефа местности запроектированы 18 каналов (рис. 1).

Таблица 3

Параметры проектируемых каналов

Название канала	Параметры канала		Уклон продольный	Длина каналов l , м
	b , v	средняя строительная глубина канала $h_{стр}$, м		
K-1	1,0	0,8	0,0013; 0,0045	391
K-2	0,6	0,7	0,0009; 0,03	40
K-3	1,2	1,5	0,0005	145
K-4	1,0	1,6	0,0005	118
K-5	1,2	1,3	0,0016	131
K-6	0,6	1,0	0,0010	167
K-7	1,0	1,1	0,0012; 0,0019	205
K-8	1,2	1,5	0,0005	436
K-9	0,6	1,2	0,0048	21
K-10	1,2	2,0	0,0005	139
K-11	1,0	0,9	0,004	174
K-12	1,5; 1,5	1,9; 1,9	0,0005; 0,0005	400; 653
K-13	1,0	1,2	0,0005	319
K-14	1,0	1,3	0,0005	1049
K-15	2,5; 3,0	2,9; 2,9	0,0005; 0,0005	770; 1048
K-16	1,0	1,0	0,0055	81
K-17	1,0	1,1	0,0019	104
K-18	2,5	2,6	0,0005	104

Все каналы запроектированы в открытом русле трапецидальной формы поперечного сечения, в наиболее стеснённых условиях – в железобетонных лотках и трубах. Геометрические размеры подобраны с расчётом на пропуск максимального расхода воды. Уклон дна каналов принимают с учётом рельефа местности, но не менее 0,0005.

При проектировании системы осушения предусматриваются следующие технические мероприятия:

- строительство водоотводных каналов по заданному уклону до проектных отметок;
- строительство водопропускных сооружений под пешеходными переходами и дорогами, пересекающими проектируемые каналы [7; 8].

Основное назначение осушительной системы – своевременный организованный сброс поверхностных и грунтовых вод с территории города. Отсутствие данной системы приводит к затоплению и подтоплению зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, не рассчитанных на эксплуатацию в агрессивной влажной среде. Причиняется вред здоровью населения.

В результате проведенного анализа очевидна необходимость осуществления мероприятий по борьбе с затоплениями и подтоплениями. Однако виды, размеры и очередность осуществления этих мероприятий должны быть экономически обоснованы.

Затраты на мероприятия по защите от вредных воздействий необходимо сопоставить с предотвращаемым ими ущербом для определения эффективности затрат, направленных на финансирование работ и мероприятий по защите окружающей среды от вредного воздействия вод. При выполнении данных работ затраты на строительство осушительной системы составит в 2,5 раза меньше, чем предотвращенный ущерб.

Список литературы

1. Колесниченко, С. С. Питьевой водопровод как причина подтопления населенных пунктов / С. С. Колесниченко, А. И. Кныш, В. В. Попова // Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. Экологические аспекты природопользования. – Омск : ОГАУ, 2015. – С. 221–225.
2. Колесниченко, С. С. Обзор причин подтопления и затопления сельских территорий Омской области на примере г. Исилькуль / С. С. Колесниченко, И. А. Троценко, В. В. Попова // Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. – Омск : ОГАУ, 2018. – С. 24–29..
3. Город Купино. – Режим доступа: <https://gorodarus.ru/kupino.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 15.06.2019).
4. Маджугина, А. А. Расчет дефицита суммарного водопотребления на примере Омского Прииртышья / А. А. Маджугина, И. А. Троценко, Ю. В. Корчевская, Г. А. Горелкина, А. И. Кныш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 141–145.
5. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Свод правил по проектированию и строительству определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
6. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением N 1). – Москва : Минрегион России, 2012.
7. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – Москва : Минрегион России, 2012.
8. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. – Москва : Минрегион России, 2016.

References

1. Kolesnichenko, S. S., Knysh, A. I., Popova, V. V. Pitevoy vodoprovod kak prichina podtopleniya naseleennykh punktov [Drinking water supply as a cause of flooding of settlements]. *Upravlenie pochvennym plodorodiem i pitaniem kulturnykh rasteniy. Ekologicheskie aspekty prirodopolzovaniya* [Management of soil fertility and nutrition of cultivated plants. Ecological aspects of nature management]. Omsk, Omsk State Agrarian University Publ., 2015, pp. 221–225.
2. Kolesnichenko, S. S., Trotsenko, I. A., Popova, V. V. Obzor prichin podtopleniya i zatopleniya selitebnykh territoriy Omskoy oblasti na primere g. Isilkul [A review of the causes of flooding and flooding of residential territories of the Omsk region using the example of Isilkul]. *Problemy okhrany okruzhayushchey sredy i ratsionalnogo ispolzovaniya prirodnnykh resursov* [Problems of environmental protection and rational use of natural resources]. Omsk, Omsk State Agrarian University Publ., 2018, pp. 24–29.
3. *Gorod Kupino* [The city of Kupino]. Available at: <https://gorodarus.ru/kupino.html> (Accessed: 15.06.2019).
4. Madzhugina, A. A., Trotsenko, I. A., Korchevskaya, Yu. V., Gorelkina, G. A., Knysh, A. I. Raschet defitsita summarnogo vodopotrebleniya na primere Omskogo Priirtyshya [Calculation of the deficit of total water consumption by the example of Omsk Irtysh]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2016, no. 2 (136), pp. 141–145.
5. SP 33-101-2003. *Opreделение osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. Svod pravil po proektirovaniyu i stroitelstvu opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [SP 33-101-2003. Determination of the main calculated hydrological characteristics. Code of rules for design and construction; determination of the basic calculated hydrological characteristics]. Moscow, Gosstroy of Russia Publ., FSUE CPP Publ., 2004.
6. SP 58.13330.2012. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozeniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 33-01-2003 (s Izmeneniyem N 1)* [SP 58.13330.2012. Waterworks. The main provisions. Updated edition of SNIp 33-01-2003 (as Amended by N 1)]. Moscow, Ministry of Regional Development of Publ., 2012.
7. SP 116.13330.2012. *Inzhenernaya zashchita territoriy, zdaniy i sooruzheniy ot opasnykh geologicheskikh protsessov. Osnovnye polozeniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 22-02-2003* [SP 116.13330.2012. Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. The main provisions. The updated edition of SNIp 22-02-2003]. Moscow, Ministry of Regional Development of Publ., 2012.
8. SP 104.13330.2016. *Inzhenernaya zashchita territorii ot zatopleniya i podtopleniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.06.15-85* [SP 104.13330.2016. Engineering protection of the territory from flooding and flooding. The updated edition of SNIp 2.06.15-85]. Moscow, Ministry of Regional Development of Publ., 2016.