

УДК 556.3; 551.4

## АНАЛИЗ ПОДТОПЛЯЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ГОРОДА НАЗЫВАЕВСКА

Медведков Кирилл Станиславович<sup>1,2</sup>,  
kmedvedkov@mail.ru

Штриплинг Лев Оттович<sup>1</sup>,  
los@omgtu.ru

<sup>1</sup> Омский государственный технический университет,  
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

<sup>2</sup> АО «Омская геологоразведочная экспедиция»,  
Россия, 644007, г. Омск, ул. Гусарова, д. 16.

Актуальность работы обусловлена возрастающим негативным влиянием подтопления территорий, увеличением ущерба и снижением качества жизни населения, проживающего на паводкоопасной местности. Непосредственно в Называевском районе подвержено подтоплению более 40 % площади, а в самом городе от подтоплений страдает более половины населения, все это способствовало выбору грунтовых вод Называевска в качестве объекта исследований.

**Цель работы:** выявление причин возникновения подтоплений, поиск решений по стабилизации ситуации с высоким уровнем грунтовых вод, прогнозирование изменений с учетом инфильтрационного питания.

**Методы исследования:** анализ многолетних наблюдений за грунтовыми водами на скважинах режимной сети мониторинга состояния недр, выявление графоаналитических зависимостей и расчет инфильтрационного питания на основании собранных данных.

**Результаты:** проанализирована ситуация с грунтовыми водами территорий с приречным (город Тюкалинск) и междуречным (город Называевск) режимом. Город Тюкалинск обладает большими возможностями в естественном регулировании приходно-расходного баланса грунтовых вод и способен нивелировать антропогенное воздействие за счет реки Тюкалка, которая обеспечивает естественный дренаж. Территория Называевска характеризуется слабой дренированностью, так как не имеет рек, и обладает равнинным рельефом, в виду чего изменения в приходном балансе грунтовых вод оказывает существенное влияние на ситуацию с подтоплениями. В процессе исследования выявлен большой антропогенный вклад в баланс грунтовых вод города Называевска, приведший с 1980 г. по настоящее время к серьезным проблемам с подтоплениями в населенном пункте. По предварительным расчетам этот вклад составляет порядка 19,3 %.

### Ключевые слова:

Подземные воды, величина инфильтрационного питания, разгрузка, подтопление, антропогенная деятельность, слабая дренированность, режим, скважина, наблюдения, уровень грунтовых вод.

Проблема подтопления территорий является глобальной для многих стран нашей планеты. В России от паводка страдают тысячи человек, гибнут посевы, разрушаются строения. В последнее десятилетие на освоенных территориях подвержено подтоплению около 9 млн га земель различного хозяйственного назначения, в том числе 5 млн га сельскохозяйственных земель и 0,8 млн га застроенных территорий населенных пунктов. Около 75 % городов и более 20 % поселков России подвержены данному негативному воздействию [1].

В Омской области, как и в России в целом, от паводка страдают тысячи человек. Ежегодно данным природным явлением наносится многомиллионный ущерб.

Одним из таких населенных пунктов, где негативное воздействие подтоплений сказывается на жизни всего населения, является город Называевск.

Называевск расположен на западе Омской области в пределах Ишимской равнины, являющейся частью Западно-Сибирской равнины. К югу от города расположены болота Давыдовское и Рыбалово, к западу – небольшое озеро без названия, к северу – болото Платоновское [2]. 45,4 % территории Называевского района подвержено затопле-

нию и подтоплению, что во многом связано со слабой дренированностью территории [3] и антропогенной деятельностью человека.

Подтопление оказывает негативное воздействие на проживание населения района и экосистему в целом. Так, площадь вымокающих лесов в Называевском районе достигла 25 тыс. га, при этом в некоторых березово-осиновых колках произошла полная деградация деревьев [4].

Проанализировать сложившуюся ситуацию можно на основании данных по существующей режимной сети наблюдательных скважин, которая в том числе есть и на территории города Называевска (рис. 1).

Одна из скважин сети (скв. № 122) оборудована на грунтовые воды (0–7 м), и регулярные наблюдения по ней ведутся с 1978 г. На протяжении всего времени данные по режиму собираются специалистами ТЦ ГМСН АО «ОГРЭ», а с июня 2014 г. измерения уровня подземных вод данной скважины проводятся с помощью стационарного автоматического уровнемера, результаты работы которого напрямую пополняют базу данных по государственной опорной наблюдательной сети скважин. Для более детального анализа колебания грунтовых вод был рас-



деву;  $\Delta h = 1,13 - 0,13 = 1,0$  м – наблюдаемое повышение уровня грунтовых вод за время  $\Delta t = 22$  сут;  $\Delta z = 1,21 - 1,13 = 0,08$  – величина, на которую бы снизился уровень грунтовых вод за время  $\Delta t = 22$  сут, за счет оттока по водоносному пласту.

В данном расчете рассмотрен период с 17.03 по 08.04, что позволяет определить усредненные данные за время обильного таяния снега. Очевидно, что, если бы мы взяли более короткий промежуток времени с интенсивным насыщением водой грунтов, показатели бы были значительно выше (практически вертикальный участок графика – с 01.04 по 03.04 – оттаивший верхний слой земли свободно начал пропускать снеговую воду).

Кроме того, данный график позволяет рассчитать среднегодовую величину инфильтрации годового изменения уровней грунтовых вод с допущением постоянного горизонтального стока (для водораздельного режима)  $\Delta z$  [5], взятого за последний промежуток зимнего снижения уровня ( $0,08/22 = 0,0036$ ). Пренебрегая испарением, расчет проведем по следующей формуле:

$$w_{cp} = \mu \left( \frac{\sum \Delta h_i}{365} + 0,0036 \right).$$

Для расчета  $\Delta h_i$  возьмем участки графика повышения уровня воды в скважине. Подставив данные ( $\Delta h_i$ , снятые с графика), получим:

$$w_{cp} = 0,1 \left( \frac{(0,28 + 0,14 + 0,11 + 0,18 + 0,33 + 0,16 + 0,13 + 0,39)}{365} + 0,0036 \right) = 0,00083 \text{ м / сут.}$$

Как видно из полученных расчетов, величина инфильтрационного питания в весенний период

превышает среднегодовую более чем в 6 раз, что приводит к серьезным последствиям, приводящим к обширным подтоплениям территории города Называевска.

Для рассмотрения глобальных изменений в уровнях грунтовых вод на протяжении десятилетий и определения тенденции (тренда) был выбран месяц февраль (рис. 3), так как в это время уровень грунтовых вод наиболее стабилен, что показал предыдущий график (рис. 2).

Приведенный график показывает определенную цикличность в пиках максимальных и минимальных уровней, но кроме них выделяются дополнительно три периода (тренда) изменений уровня грунтовых вод. Первый – когда среднегодовые колебания находятся на одном уровне, и линия тренда имеет горизонтальное направление – продолжающийся до начала 90-х и характеризующий «естественный баланс» грунтовых вод. Второй – когда уровень периодически переходит планку в 1,5 м, и который можно характеризовать как период увеличения объемов грунтовых вод, продолжающейся до 2007 г. И третий период – с 2007 г. по настоящее время, когда даже в феврале периодически уровень находится выше одного метра от поверхности земли, что можно связать со значительными проблемами в разгрузке грунтовых вод и с существенным увеличением их объема с 1978 г.

Для рассмотрения самого опасного в плане подтоплений периода был выбран апрель, когда наблюдаются максимальные подтопления в городе Называевске – талые воды увеличивают уровни грунтовых вод до максимальных отметок (рис. 4).

При анализе графика по уровням за апрель выделяется схожесть периодов со «спокойным», в плане уровней подземных вод, февралем. Первый период – с характерными циклическими колебаниями уровня, не переходящими планку в 1,5 м, – продолжает-

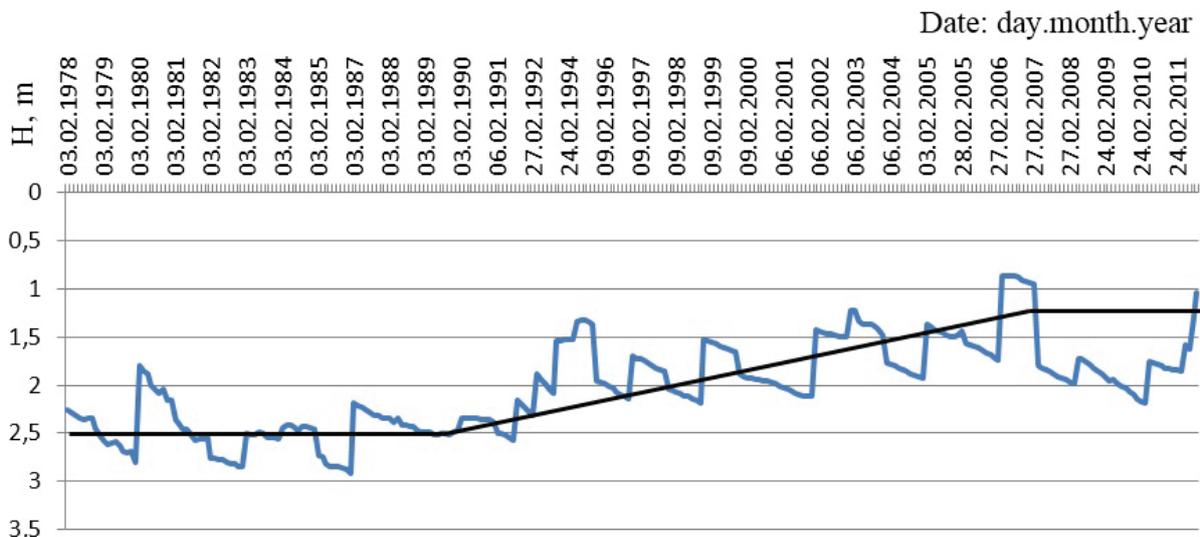
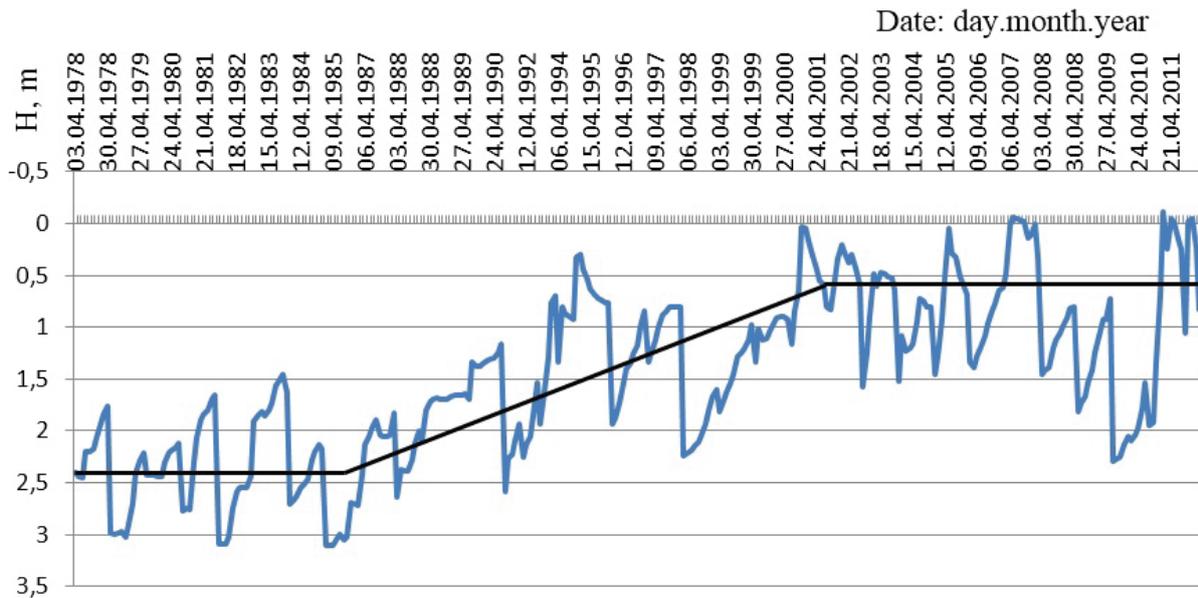


Рис. 3. График изменения уровня грунтовых вод в скважине № 122 в течение 33 лет (февраль)

Fig. 3. Schedule of changes in groundwater level in the well no. 122 for 33 years (February)



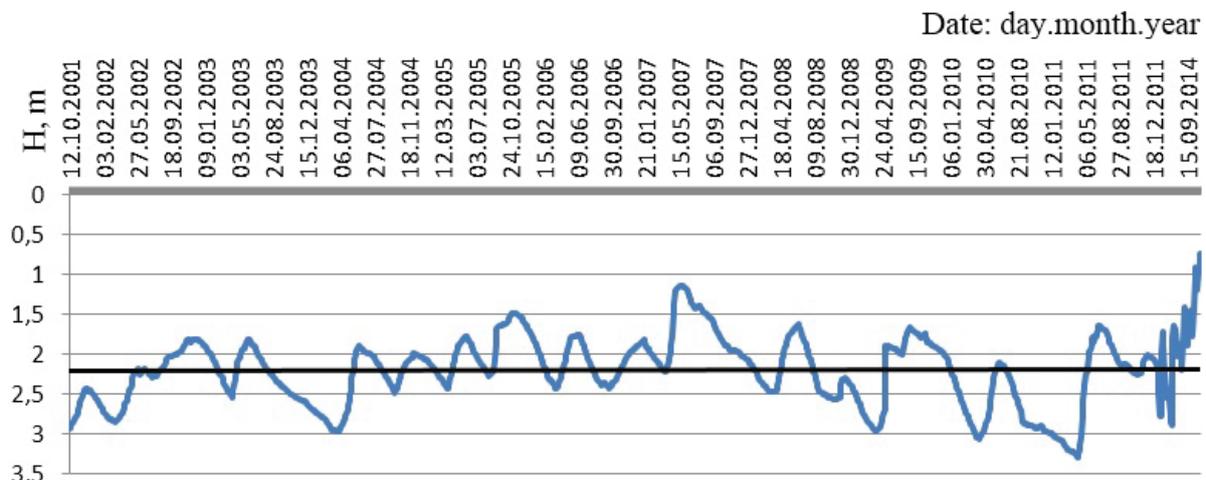
**Рис. 4.** График изменения уровня грунтовых вод в скважине № 122 в течение 33 лет (апрель)

**Fig. 4.** Schedule of changes in groundwater level in the well no. 122 for 33 years (April)

ся до 1986 г. Второй характеризуется резкими периодическими подъемами воды, порой переходящими уровень в 0,5 м от поверхности земли – длящийся до 2001 г. И последний, с 2001 г. по настоящее время, когда вода насыщает весь современный горизонт четвертичной системы и порой переходит планку ноль метров, затапливая не только подвалы и фундаменты домов, но и поверхность земли.

Для сопоставления полученных данных в разных условиях формирования подземных вод были проанализированы материалы по скважине № 275, расположенной в г. Тюкалинск, где режим подземных вод относится к приречному (прибрежному) виду, в отличие от междуречного (водораздельного) в г. Называевск. Город Тюкалинск расположен по обоим берегам реки Тюкалка, которая обеспечивает естественный дренаж грунтовых вод.

Город Тюкалинск расположен по обоим берегам реки Тюкалка, которая обеспечивает естественный дренаж грунтовых вод. Подземные воды данной местности относятся к приречному (прибрежному) режиму. Город Тюкалинск находится в 62 км с-в-в города Называевск, имеет равнинный рельеф, с абсолютными отметками над уровнем моря около 115 м, что по сравнению с Называевском меньше в среднем на 10 м. В Тюкалинске также присутствует режимная сеть наблюдательных скважин, данные по которым фиксируются ТЦ ГМСН (АО «ОГРЭ»). Одна из скважин, № 275, оборудована фильтром в интервале 7,8–15,7 м и располагается в 1,5 км восточнее главной реки города, наблюдения по ней ведутся с октября 2001 г. Анализ данных за весь период наблюдений приведен на графике, представленном на рис. 5.



**Рис. 5.** График изменения уровня подземных вод в скважине № 275 за весь период наблюдений

**Fig. 5.** Schedule of changes in groundwater level in the well no. 275 for the entire period of observation

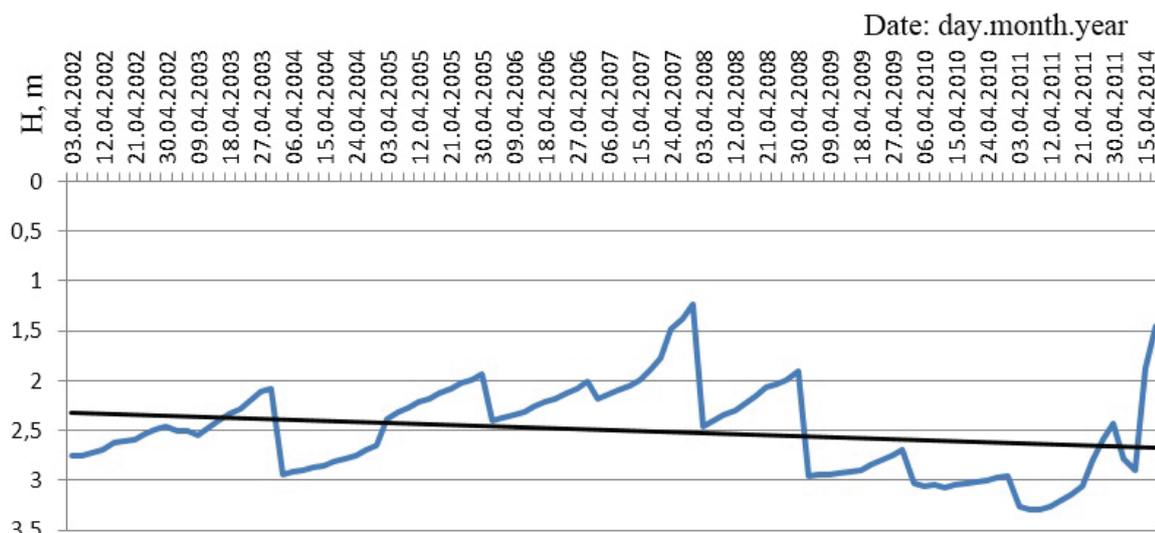


Рис. 6. График изменения уровня подземных вод в скважине № 275 в течение 14 лет (апрель)

Fig. 6. Schedule of changes in groundwater level in the well no. 275 for 14 years (April)

Полученные данные показывают циклические изменения уровня воды с повторением пиков и спадов уровней и с сохранением за весь период наблюдения нейтрального (горизонтального) тренда, позволяющего охарактеризовать ситуацию с грунтовыми водами как стабильную. Дополнительно к этому, с учетом полученных пиков и данных по осадкам, можно предсказывать наиболее острые изменения в плане паводка и заранее готовиться к возможным подтоплениям в низких участках рельефа. Циклическая и определенная предсказуемость поведения грунтовых вод была отражена в статьях многих авторов, например [6–11].

Рассматривая период весеннего снеготаяния, с динамикой изменения уровней за апрель, мы также получаем картину близкую к стабильной, за выбранный период наблюдений линия тренда уходит вниз (рис. 6).

С учетом более длительных исследований высокая вероятность того, что линия тренда, как и на рис. 5, видоизменится и будет горизонтальной. Стабильная ситуация в Тюкалинске во многом связана со сбалансированным поступлением и отводом на территорию атмосферных осадков и других источников воды. Большое влияние на водоотведение города оказывает река Тюкалка, в которую происходит разгрузка грунтовых вод, сглаживая приходно-расходную часть водного баланса.

Рассматривая полученные данные по городу Называевск, в сравнении с «соседним» Тюкалинском, можно отметить, что острая ситуация с подтоплениями в основном связана с антропогенной деятельностью человека, не учитывающей изначально естественно-природные факторы, обуславливающие слабую дренированность территории, что отмечено также другими авторами, например [12]. Так, на застраиваемых территориях происходит уплотнение грунтов зоны аэрации, что снижает пористость и значительно уменьшает степень водопроницаемо-

сти пород (величины коэффициентов фильтрации снижаются) [12, 13], при этом еще больше затрудняется путь миграции атмосферных осадков, что приводит к медленному уходу поверхностных вод (слабой разгрузке грунтовых) в годовом цикле, а порой и к накоплению их в многолетнем. Основной «вклад» в ухудшение ситуации с подтоплением города Называевска был сделан еще в 1980 г., когда был построен Любино-Исилькульский групповой водопровод, обеспечивающий централизованное водоснабжение города, и в настоящее время поставляющий около 2 тыс. м<sup>3</sup> воды ежедневно, которая остается на территории населенного пункта в виду отсутствия городских канализационных сооружений (водоотведения) [14]. Анализ изменений в подземных водах, происходящих от деятельности человека, отражен во многих литературных источниках, в том числе зарубежных [15–18].

Рассматривая антропогенное воздействие на водный баланс, а именно обеспечение водой города Называевска в объеме 2000 м<sup>3</sup>/сутки, можно приблизительно рассчитать влияние группового водопровода на грунтовые воды. Площадь города Называевск составляет порядка 12 км<sup>2</sup>. Приняв параметры «водоотведения» равными водопотреблению получим 730000 м<sup>3</sup>/год, то есть на каждый квадратный метр площади приходится дополнительно 0,06 м к годовому уровню осадков (в год на территории Называевского района выпадает порядка 400 мм атмосферных осадков [19]).

Если сравнить полученные показатели от воздействия водоснабжения города Называевск со среднегодовой величиной инфильтрации, которая была рассчитана выше, то можно определить, что вклад группового водопровода в водный баланс со-

ставляет порядка 19,3 % ( $\frac{0,06}{365} = 0,00016$  м / сут;  $\frac{0,00016}{0,00083} \cdot 100 \% = 19,3 \%$ ).



Рис. 7. Последствия процесса подтопления в городе Называевске, конец июня 2016 г.

Fig. 7. Effects of flooding in Nazyvaevsk, the end of June, 2016

Полученные результаты не отражают детально сложившуюся ситуацию, так как не учитывают многих факторов, таких как испарение, влияние вертикального стока с мест с более высоким рельефом (отчасти данная погрешность нивелируется расчетами по стоку в последний период зимнего снижения уровня), четкие показатели сброса воды на рельеф и многое другое. Но приведенные расчеты и графики позволяют охарактеризовать картину в целом.

Серьезная ситуация с подтоплениями в городе Называевске приводит к тому, что разрушаются объекты инфраструктуры, здания, наносится огромный ущерб сельскому хозяйству, кардинальные изменения происходят в биоценозе. Водонасыщенные грунты приводят к оседанию конструкций и сооружений в виду уменьшения модуля деформации [20–23], что затрудняет, а иногда и вовсе исключает их дальнейшую эксплуатацию. Падают опоры ЛЭП, и даже в конце июня местами сохраняются подтопленные жилые здания (рис. 7).

#### Выводы

Рассматривая полученные данные по грунтовым водам города Называевска, можно заключить следующее:

1. Кардинальные изменения в балансе грунтовых вод возникли со второй половины 80-х гг. и в

первую очередь связаны с проблемами в их разгрузке (вертикальном стоке), которая существует даже в период минимальной подпитки в феврале месяце.

2. Определенно сложившаяся ситуация связана прежде всего с вмешательством человека в естественные процессы формирования грунтовых вод, и основные причины нужно искать именно в последних десятилетиях XX в., когда нарушилась приходно-расходная часть скапливающихся вод голоценовых отложений и происходила застройка города.
3. В последнее десятилетие возникла критическая ситуация, приводящая к регулярным подтоплениям, перерастающим в серьезные проблемы во время сезонов обильного насыщения грунтов талыми и дождевыми водами, возможность разгрузки которых существенно ограничена.
4. Если не решать проблему подтоплений в Называевске в ближайшее время, то существует огромный риск превращения некогда активно развивающегося города в разрастающееся болото.
5. Необходимо решать проблему отвода «лишней воды» с территории города, в чем мог бы помочь водоотводный канал, регулирующий поверхностный сток и нивелирующий подземный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьева Е.В., Мухин В.И., Мирмович Э.Г. Подтопление как потенциальный источник ЧС // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – № 4. – С. 69–73.
2. Называевск // Свободная энциклопедия Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Называевск> (дата обращения: 05.09.2016).
3. Калинин Н.А., Володченкова Л.А., Гуц А.К. Прогнозирование экологических кризисов лесных фитоценозов // Вестник ОмГУ. – 2009. – № 4. – С. 74–76.
4. Володченкова Л.А., Гуц А.К. Математическое моделирование стадий вымокания берёзовых лесов с помощью теории катастроф // МСМ. – 2011. – № 3 (24). – С. 19–33.
5. Лебедев А.В. Оценка баланса подземных вод. – М.: Недра, 1989. – 174 с.
6. Оленьков В.Д., Шукутин Е.В. Природные циклы подтопления территорий и учет их в градостроительном планировании // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2007. – № 22 (94). – С. 60–63.
7. Большаник П.В., Недбай В.Н. Геоэкологические проблемы крупнейших городов в связи с регуляцией речного стока (на примере г. Омска) // Вестник Югорского государственного университета. – 2012. – № 1 (24). – С. 61–73.
8. Савичев О.Г., Макушин Ю.В. Многолетние изменения уровней подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области // Известия ТПУ. – 2004. – № 4. – С. 60–63.

9. A functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater dependent vegetation / D. Eamus, R. Froend, R. Loomes, G. Hose, B. Murray // *Aust. J. Bot.* – 2006. – № 54. – P. 97–114. URL: <http://www.publish.csiro.au/bt/BT05031> (дата обращения: 08.06.2016).
10. Fleming S.W., Quilty E.J. Aquifer Responses to El Nino-Southern Oscillation. Southwest British Columbia // *Ground Water*. – 2007. – № 44 (4). – P. 595–599. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-6584.2006.00187.x/full> (дата обращения: 17.08.2016).
11. Fluctuation of Groundwater Levels and Recharge Patterns in Northern Ghana / A. Lutz, S. Minyila, B. Saga, S. Diarra, B. Arambire, J. Thomas // *Climate*. – 2015. – № 3. – P. 1–15. URL: <http://www.mdpi.com/2225-1154/3/1/1> (дата обращения: 18.08.2016).
12. Методические подходы к оценке степени дренированности урбанизированных территорий / В.Д. Покровский, Е.М. Дутова, А.Н. Никитенков, К.И. Кузеванов, Д.С. Покровский // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1–2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20130> (дата обращения: 17.08.2016).
13. О формировании водного стока на осваиваемых территориях / А.Я. Гаев, В.Э. Бикитеев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева, Л.А. Кременцова // *Вестник Пермского университета. Геология*. – 2014. – № 2. – С. 33–40.
14. Самим не справиться с подтоплением. Району нужна помощь из федерального бюджета // *Наша Искра*. 5 февраля 2016. № 6. URL: <http://www.nasha-iskra.ru/View.asp?objType=2&objValue=87034&> (дата обращения: 06.05.2016).
15. Ponce V.M., Lohani A.K., Huston P.T. Surface albedo and water resources: Hydroclimatological impact of human activities // *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*. – 1997, October. – V. 2. – № 4. – P. 197–203. URL: <http://ponce.sdsu.edu/albedo197.html> (дата обращения: 10.08.2016).
16. Alley W.M., Reilly T.E., Franke O.E. Sustainability of groundwater resources // *U.S. Geological Survey Circular 1186*. – Denver, Colorado, 1999. – 79 p. URL: <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1186> (дата обращения: 10.08.2016).
17. Groundwater pollution and quality monitoring approaches at the European level / B. Kløve, Z. Nakic, E. Preda, S. Ruzicic, P. Wachniew, M. Trevisan // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* – 2013. – № 43. – P. 323–408. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2011.604259> (дата обращения: 25.08.2016).
18. Monitoring and Modeling the Effects of Groundwater Flow on Arsenic Transport in Datong Basin / Q. Yu, Y.X. Wang, R. Ma et al. // *Journal of Earth Science*. – 2014. – № 25 (2). – P. 386–396.
19. СП 131.133.30.2012 «Строительная климатология» Актуализированная редакция СНиП 23–01–99 с изменением № 2 от 01.12.2015 г. – М.: Минстрой, 2015. – 109 с.
20. Пономарев А.Б., Калошина С.В., Салимгариева Н.И. Влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунтов // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. – 2013. – № 1. – С. 67–70.
21. Ведение мониторинга геологической среды города Казани / А.И. Шевелев, Н.И. Жаркова, Ю.П. Бубнов, А.И. Латыпов, И.А. Хузин, Р.К. Галеев // *Георесурсы*. – 2014. – № 3 (58). – С. 3–8.
22. Galloway D., Jones D.R., Ingebritsen S.E. Land subsidence in the United States // *U.S. Geological Survey Circular 1182*. – Denver, Colorado, 2001. – 175 p. URL: <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1182> (дата обращения: 27.07.2016).
23. Kvarner J., Snilsberg P. Groundwater hydrology of boreal peatlands above a bedrock tunnel – drainage impacts and surface water groundwater interactions // *J. Hydrol.* – 2011. – № 403. – P. 278–291. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411002460> (дата обращения: 27.07.2016).

Поступила 29.03.2017 г.

#### Информация об авторах

**Медведков К.С.**, аспирант кафедры промышленной экологии и безопасности Омского государственного технического университета; заместитель генерального директора по производству АО «Омская геологоразведочная экспедиция».

**Штриплинг Л.О.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности, проректор по учебно-методической работе Омского государственного технического университета.

UDC 556.3; 551.4

## ANALYSIS OF FLOODED AREAS ON THE EXAMPLE OF GROUND WATERS IN NAZYVAEVSK

Kirill S. Medvedkov<sup>1,2</sup>,  
kmedvedkov@mail.ruLev O. Shtripling<sup>1</sup>,  
los@omgtu.ru<sup>1</sup> Omsk State Technical University,  
11, Mira avenue, Omsk, 644050, Russia.<sup>2</sup> Omsk Geological Expedition,  
16, Gusarov street, Omsk, 644007, Russia.

Relevance of the research is caused by increasing negative impact of flooding areas, increasing damage, and reduced quality of life in the flooded areas. Directly in the Nazyvaevsk area more than 40 % of the area is flooded, and in the town more than half of the population suffers from flood. All these facts contributed to the choice of groundwater in Nazyvaevsk as the object of the research.

**The main aim** of the study is to identify the causes of flooding, search for solutions to stabilize the situation of high level of ground water, predict the changes based on infiltration.

**The methods used in the study:** analysis of long-term observations of the ground water wells subsurface regime, identifying dependencies and graphical-analytical calculation of infiltration on the basis of the data collected.

**Results.** The authors have analyzed the situation in areas with high levels of ground water with riverine (Tyukalinsk) and interfluvial (Nazyvaevsk) mode. Tyukalinsk has greater opportunities in input-output balance of ground water and can neutralize anthropogenic impact due to Tyukalka River, which provides natural drainage. Territory of Nazyvaevsk has poor drainage conditions, as there are no rivers there, and flat relief, so the changes in the input balance of ground water has a significant impact on the situation with flooding. The study revealed a large man-made contribution to the balance of ground water of Nazyvaevsk, which led to serious problems with flooding at the region since 1980 to the present. According to preliminary calculations, this contribution is about 19,3 %.

**Key words:**

Underground water, magnitude of infiltration, discharge, flooding, human activities, poor drainage, regime, well of groundwater, observations, ground water level.

## REFERENCES

1. Arefeva E.V., Mukhin V.I., Mirmovich E.G. Podtoplenie kak potentsialny istochnik ChS [Submergence as a potential source of EC]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2007, no. 4, pp. 69–73.
2. Nazyvaevsk. *Wikipedia*. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nazyvaevsk> (accessed 5 September 2016).
3. Kalinenko N.A., Volodchenkova L.A., Guts A.K. Prognozirovaniye ekologicheskikh krizisov lesnykh fitotsenozov [Prediction of environmental crises of forest communities]. *Herald of Omsk University*, 2009, no. 4, pp. 74–76.
4. Volodchenkova L.A., Guts A.K. Matematicheskoe modelirovaniye stadii vymokaniya berezovykh lesov s pomoshchyu teorii katastrof [Mathematical modeling of birch forest waterlogging stage by the theory of catastrophes]. *MSiM*, 2011, no. 3 (24), pp. 19–33.
5. Lebedev A.V. *Otsenka balansa podzemnykh vod* [Assessing the balance of groundwater]. Moscow, Nedra Publ., 1989. 174 p.
6. Olenkov V.D., Shukutina E.V. Prirodnye tsikly podtopleniya territorii i uchet ikh v gradostroitelnom planirovaniy [Natural cycles of flooding areas and keeping them in urban planning]. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction engineering and architecture*, 2007, no. 22 (94), pp. 60–63.
7. Bolshaniy P.V., Nedbay V.N. Geoekologicheskie problemy krupnykh gorodov v svyazi s regulyatsiyey rechnogo stoka (na primere g. Omska) [Environmental problems of the largest cities in relation to regulation of river flow (by the example of Omsk)]. *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 1 (24), pp. 61–73.
8. Savichev O.G., Makushin Yu.V. Longterm changes of the level regime of ground waters of the upper hydrodynamic zone of Tomsk region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2004, vol. 307, no. 4, pp. 60–63. In Rus.
9. Eamus D., Froend R., Loomes R., Hose G., Murray B. A functional methodology for determining the groundwater regime needed to maintain the health of groundwater dependent vegetation. *Aust. J. Bot.*, 2006, no. 54, pp. 97–114. Available at: <http://www.publish.csiro.au/bt/BT05031> (accessed 8 June 2016).
10. Fleming S.W., Quilty E.J. Aquifer Responses to El Nino-Southern Oscillation. Southwest British Columbia. *Ground Water*, 2007, no. 44 (4), pp. 595–599. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-6584.2006.00187.x/full> (accessed 17 August 2016).
11. Lutz A., Minyila S., Saga B., Diarra S., Apambire B., Thomas J. Fluctuation of Groundwater Levels and Recharge Patterns in Northern Ghana. *Climate*, 2015, no. 3, pp. 1–15. Available at: <http://www.mdpi.com/2225-1154/3/1/1> (accessed 18 August 2016).
12. Pokrovsky V.D., Dutova E.M., Nikitenkov A.N., Kuzevanov K.I., Pokrovsky D.S. Methodological approaches to assessing the degree of fitness of the urbanized territories. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 1–2. In Rus. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20130> (accessed 17 August 2016).
13. Gaev A.Ya., Bikiteev V.E., Kudelina I.V., Leonteva T.V., Kremntsova L.A. O formirovaniy vodnogo stoka na osvivaemykh territoriyakh [On formation of runoff on the reclaimed areas]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2014, no. 2, pp. 33–40.
14. Samim ne spravitsya s podtopleniem. Rayonu nuzhna pomoshch iz federalnogo byudzheta [We cannot cope with flooding ourselves. The district needs help from the federal budget]. *Nasha iskra*. February 5, 2016. Available at: <http://www.nasha-iskra.ru/View.asp?objType=2&objValue=87034&> (accessed 6 May 2016).

15. Ponce V.M., Lohani A.K., Huston P.T. Surface albedo and water resources: Hydroclimatological impact of human activities. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*, 1997, October, vol. 2, no. 4, pp. 197–203. Available at: <http://ponce.sdsu.edu/albedo197.html> (accessed 10 August 2016).
16. Alley W.M., Reilly T.E., Franke O.E. Sustainability of groundwater resources. *U.S. Geological Survey Circular 1186*. Denver, Colorado, 1999. 79 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1186> (accessed 10 August 2016).
17. Kløve B., Nakic Z., Preda E., Ruzicic S., Wachniew P., Trevisan M. Groundwater pollution and quality monitoring approaches at the European level. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 2013, no. 43, pp. 323–408. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2011.604259> (accessed 25 August 2016).
18. Yu Q., Wang Y.X., Ma R. Monitoring and Modeling the Effects of Groundwater Flow on Arsenic Transport in Datong Basin. *Journal of Earth Science*, 2014, no. 25 (2), pp. 386–396.
19. SP 131.133.30.2012 «Stroitel'naya klimatologiya» [Set of rules 131.133.30.2012. Building climatology]. Moscow, Minstroy Publ., 2015. 109 p.
20. Ponomarev A.B., Kaloshina S.V., Salimgarieva N.I. Vliyanie protsessov podtopleniya na fiziko-mekhanicheskie svoystva gruntov [Flooding impact on physical and mechanical properties of soils]. *Akademicheskyy vestnik UralNIIproekt RAASN*, 2013, no. 1, pp. 67–70.
21. Shevelev A.I., Zharkova N.I., Bubnov Yu.P., Latypov A.I., Khuzin I.A., Galeev R.K. Vedenie monitoringa geologicheskoy sredy goroda Kazani [Monitoring of geological environment in Kazan]. *Georesources*, 2014, no. 3 (58), pp. 3–8.
22. Galloway D., Jones D.R., Ingebritsen S.E. Land subsidence in the United States. *U.S. Geological Survey Circular 1182*. Denver, Colorado, 2001. 175 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1182> (accessed 27 July 2016).
23. Kværner J., Snilsberg P. Groundwater hydrology of boreal peatlands above a bedrock tunnel – drainage impacts and surface water groundwater interactions. *J. Hydrol.*, 2011, no. 403, pp. 278–291. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411002460> (accessed 27 July 2016).

Received: 29 March 2017.

#### Information about the authors

**Kirill S. Medvedkov**, postgraduate student, Omsk State Technical University; deputy director, Omsk Geological Expedition.

**Lev O. Shtripling**, Dr. Sc., professor, head of the department, vice rector, Omsk State Technical University.