

Продуктивная часть палеогенового водоносного комплекса связана с водовмещающими отложениями юрковской свиты (эоцен). Водоносные породы представлены разномерными песками от тонко-мелькозернистых до средне-крупнозернистых. Глубина залегания кровли продуктивного слоя 140,0-145,0 м. Общая мощность продуктивного слоя составляет в среднем 50 м. Воды напорные, пьезометрическая высота над кровлей пласта составляет 130 – 140 м.

Моделирование работы водозабора выполнено в среде программного комплекса **Processing Modflow**, который позволяет использовать для прогнозных расчётов решающий модуль **Modflow** /3/. В результате схематизации гидрогеологического разреза выделено девять относительно выдержанных слоев в составе конечно-разностной сетки области фильтрации (таблица).

Таблица

Геологический возраст	Наименование породы	Интервал залегания, м		Мощность, м
		От	До	
aQIV	Супесь светло-желтая, серая, суглинок светло-коричневый с прослоями песка	0	10	10
P3lt	Глина серая плотная	10	20	10
	Песок серый тонкозернистый глинистый	20	30	10
P3nm	Глина коричневая, серо-синяя плотная с растительными остатками и прослоями мелкозернистого песка	30	80	50
P3at	Переслаивание глин серо-синих плотных и песков мелкозернистых	80	135	55
P2-3jr	Глина серая плотная, алевритистая, переслаивание мелкозернистого песка и глины	135	150	15
	Переслаивание глин с песками среднезернистыми	150	165	15
	Песок серый средне-крупнозернистый	165	190	25
P2ll	Глина зеленая, серая плотная	190	201	11

Работа водозаборных скважин воспроизведена на модели в условиях взаимодействия с границей первого рода (р. Вах). Признаки наличия такого взаимодействия установлены в результате обработки данных опытно-фильтрационных работ. Это проявляется в стабилизации уровней подземных вод при опытных откачках через 4 – 6 часов.

Анализ результатов численного моделирования показал, что при наличии мощных водоупоров (таблица) в кровле эксплуатационного водоносного горизонта, взаимодействие работающих скважин с границей первого рода, расположенной в пределах первого (верхнего) слоя конечно-разностной сетки, маловероятно.

Стабилизация уровней подземных вод в ходе опытных откачек, вероятно, вызвана влиянием вертикальных перетоков из вышележащего водоносного горизонта. Такое предположение подтверждается результатами моделирования литологических окон в составе верхней водоупорной толщи и сводным характером геологического разреза, представленного в таблице. Однако, достоверных данных для пространственной локализации участков вертикального перетекания фильтрационных потоков недостаточно.

Таким образом, можно утверждать, что численное моделирование позволяет уточнять характер взаимодействия водозаборных скважин с граничными условиями, но требует конкретизации геологического строения, что не всегда возможно на участках одиночных водозаборов малой производительности.

#### Литература

1. Боровский Б.В., Язвин А.Л. Новые принципы методики оценки эксплуатационных запасов подземных вод в районах интенсивной эксплуатации (на примере Московского региона) / Разведка и охрана недр. – №11. – 2012. – С. 3 – 13.
2. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М., Недра, 1980. – 358 с.
3. 3D-Groundwater Modeling with PMWIN, ISBN 3-540-67744-5, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Authors: Wen-Hsing Chiang and Wolfgang Kinzelbach.

### ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ОТ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРОДА БАРНАУЛА

Ю.В. Девятаева

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Город Барнаул является административным центром Алтайского края с населением около 700 тысяч жителей. Город расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности на высоком обрывистом левом берегу реки Обь. Такое географическое положение и предопределяет специфические природные условия, в которых возникают, и интенсивно развиваются оползневые процессы.

Общая протяженность оползневой зоны города Барнаула составляет 42 км и узаконена решением городской администрации № 213 от 9 апреля 1975 г. Оползневая зона приурочена к уступу Приобского плато, обрывисто возвышающемуся над поймой реки Обь и её руслом на высоту 50–100 м. Плато сложено лёссовидными суглинками с пластами и линзами водоносных песков. Суглинки краснодубровской свиты в основании склона подстилаются глинами кочковской свиты. Крутизна склона плато  $20^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ .

В оползневой зоне находятся около 3,5 тыс. жилых строений с более 15 тысячами жителей, более 20 крупных предприятий и различные коммуникации. Ежегодное количество сошедших оползней составляет 10–30, объемом от 1,0 тыс. м<sup>3</sup> до 200 тыс. м<sup>3</sup>. Городская территория в районе берегового склона и его приречной части ежегодно уменьшается по площади в результате схода оползней более чем на 13 га, а объём сошедших грунтовых масс за весь период наблюдения составил более 4 млн. м<sup>3</sup>. За все время зафиксировано три схода оползней с человеческими жертвами. Погибло 13 человек.

По характеру проявления оползневых процессов в долине реки Обь, береговая полоса города Барнаула разделена на 5 оползневых районов (сверху вниз по течению реки Обь). Научкой и практикой в настоящее время разработаны весьма многочисленные и многообразные противооползневые мероприятия. Все они своеобразны и в каждом конкретном случае зависят от особенностей природной обстановки того или другого участка.

Рассматривается один из более активных участков оползневой зоны города Барнаула, расположенный в третьем оползневом районе в пределах территории ТЭЦ-2. На данном участке главными факторами, вызывающими образование оползней, являются инженерно хозяйственная деятельность человека и интенсивная суффозионная деятельность подземных вод краснодубровского водоносного горизонта. Подземные воды краснодубровских отложений имеют значительный уклон (до 0,2). При выходе потока на склон скорость его увеличивается из-за большой разницы высот между зоной разгрузки и рекой, вследствие чего поток производит размыв мелкозернистых песков на склоне и их вынос к подножью склона. В результате размыва фильтрующим потоком в песках образуется ниша размыва. Постепенно ниша, увеличиваясь в размерах, превращается в чашу. Благодаря весеннему подъёму уровня грунтовых вод суффозионные процессы в этот период усиливаются. Обрушение свода ниши размыва приводит к нарушению равновесия вышележащих лёссовидных суглинков, которые, теряя внизу упор, отчлениваются по трещинам материнских пород склона, оседают в виде ступеней и далее оползают или обрушиваются на дно оползневого очага. В результате этого над чашей образуется высокая стенка срыва (50–65 м). Сползшие и обрушившиеся суглинки насыщаются водой и «вытекают» через сравнительно узкое горло к подножию склона, образуя конусы выноса.

Поражённость склона оползнями средняя, коэффициент пораженности  $K_p=0,14$ . Коэффициент локальной устойчивости склона, имеет значения 0,4–1,2, что характеризует склон, как неустойчивый или находящийся в состоянии, близком к предельному равновесию.

Особое значение приобретает также историческое развитие реки на этом участке, т.е. ее неоднократное наступление на береговой склон, создавшее значительную крутизну склона, что способствовало образованию многочисленных старых и древних оползней. Высота склона 80–95 м над межнным урезом реки Оби. Крутизна склона достигает  $80-90^{\circ}$ .

В инженерно-геологическом отношении участок характеризуется сложным строением. И представлен глинами эоплейстоценовых отложений кочковской свиты, суглинками и песками нижне-среднеоплейстоценовых отложений краснодубровской свиты, суглинками верхнеоплейстоценовых-голоценовых покровных отложений. Кочковские глины являются той поверхностью скольжения, по которой «съезжают» оползневые блоки. Кроме этого глины являются мощным водупором для вышележащих водоносных горизонтов, поэтому повсеместно наблюдается разгрузка подземных вод вдоль подошвы склона в виде родникового или площадного стока по поверхности глинистых пород. Кроме того, склон пригужен многочисленными свалками промышленных и бытовых отходов. Пространственный рост оползневых цирков происходит круглый год со средней скоростью 2–5 м/год.

На рассматриваемом оползневом участке ТЭЦ-2 необходимо предусмотреть понижение уровня грунтовых вод. Исходя, из инженерно-геологических и гидрологических условий в пределах участка наиболее эффективным противооползневом мероприятием будет являться устройство головного вертикального дренажа.

Осушение той или иной территории достигается при помощи искусственного понижения уровня подземных вод. Понижение может осуществляться либо непрерывно в течение длительного времени, либо иметь кратковременный характер. В первом случае оно достигается при помощи дренажных сооружений, во втором - при помощи средств строительного водопонижения. В зависимости от применяемых устройств, для захвата дренажных вод, выделяются горизонтальный, вертикальный, комбинированный и пластовый дренажи.

Противооползневые дренажи - наиболее распространенный вид борьбы с оползнями. Применяются они для снижения или полного снятия гидростатического и гидродинамического напора подземных вод, уменьшения дебита потоков ещё до выхода к оползневому склону и удаления «свободной» воды из оползневого тела.

Соответственно этому применяются следующие виды дренажных сооружений: головные дренажи для перехвата подземного потока, направленного к оползню; дренажи для непосредственного осушения оползневых грунтов; каптажные устройства и др. По конструкции дренажи подразделяются на четыре вида: горизонтальные трубчатые дренажи – преградители; дренажные галереи; вертикальные и комбинированные.

Вертикальные дренажи (буровые скважины) применяются при дренировании одного или нескольких водоносных горизонтов при значительной глубине их залегания. Отвод воды из вертикальных дрен производится в специальные водосборные галереи. При проведении дренажа уровень грунтовых вод понижается на 15 м на заданный радиус влияния (500 м).

Сооружение вертикальной дренажной скважины предусматривается на территории III оползневой района в пределах площади распространения оползня № 42 (заводские оползни) и от 1,5 до 2 км на запад от железнодорожного моста через реку Обь. Вертикальный дренаж представлен одиночной скважиной расположенной в 100 м от бровки склона в средней части осушаемой территории. Зеркало грунтовых вод от поверхности водоносного горизонта на плато залегает на глубине 63 м. Глубина скважины составляет 85 м, дебит – 19,5 м<sup>3</sup>/час. Вертикальный дренаж осуществляется в весенне-летне-осенний период в течение 7 месяцев. Над устьем скважины предусматривается строительство насосной станции наземного типа, размером в плане 3×3 м высотой 3 м, из силикатного кирпича. Исходя из расчёта технико-экономических показателей, скважина оборудуется германским насосом. Насос устанавливается на глубине 58 м. При производительности скважины 19,5 м<sup>3</sup>/час напор составит 93 м. Для отбора проб воды из скважины на полный химический анализ предусмотрены вентиль и пробно-спускной кран. Вода из дренажной скважины по трубопроводу подаётся в наземный резервуар объёмом 500 м<sup>3</sup> и расположенному в 300 м от неё. Резервуар цилиндрический вертикальный диаметром 9 м и высотой 8 м выполнен из стали. Один раз в сутки вода из резервуара подаётся на ТЭЦ-2 для технических нужд, т.к. подземные воды по качественному составу не соответствуют требованиям к питьевой воде. Минерализация подземных вод 0,9 г/л, жесткость 8<sup>0</sup>Жмг/экв, не агрессивные, пресные реже солоноватые, слабо и средне щелочные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые.

Берегоукрепительные и противооползневые сооружения на Обском левобережном склоне возведены на протяжении 1,5 км (нагорный парк, речпорт, элеватор, газопровод) этого крайне недостаточно, т.к. левобережный склон р.Обь в черте города Барнаула нуждается в защите от разрушающего воздействия реки Оби и оползней различного генезиса на всём протяжении (42 км).

#### Литература

1. Абрамов Н.Н., Гениев Н.Н., Павлов В.И. Водоснабжение – М.: Госстройиздат, 1958. – 579 с.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
3. Белан Г.А. Охрана окружающей среды. – М.: стройиздат, 1989
4. Берген Р.И. Инженерные конструкции – М.:Вышш.шк., 1989. – 415 с.
5. Бородавко В.Г. Сводный отчет оползневой станции по стационарным наблюдениям за оползневыми процессами в г. Барнауле за 1974-1984гг. Книга 1, 430с.
6. Гуринович А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: планирование, проектирование, строительство и эксплуатация. – Мн.: УП «Технология», 2004.
7. Информационный бюллетень №1 Оползневые процессы г.Барнаула, Сост. М.П. Мамонов, В.В. Девятаева, А.О. Карьков, с.Боровиха. ОАО «АГЭ» Барнаульская оползневая станция, 2003. – 43 с.
8. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды территории Алтайского края за 2005-2006гг. Сост. В.В. Девятаева, М.Ф. Гареев и др., 2006, 2007, Выпуск 8,9.
9. Карелин В.Я. Минаев А.В. Насосы и насосные станции – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
10. Лабачев П.В. Насосы и насосные станции. – М.: стройиздат, 1990.
11. Лерман С.Н., Заика С.К. Справочник по бурению, оборудованию, эксплуатации и ремонту артезианских скважин – Киев.: Будивельник, 1974. – 150 с.
12. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. – Л.: Недра, 1978. – 496с.
13. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов: Учебник для ВУЗов.- М: Высш. школа, 1982. – 511 с.
14. СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
15. СНиП 2.04.02.-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
16. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых водопроводных труб – М.: Стройиздат, 1973.

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАСТРОЙКИ НА СВОЙСТВА ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ Г. КУНГУРА

**Е.В. Дробинина, Д.Р. Золотарев**

Научный руководитель профессор В.Н. Катаев

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия*

Современная градостроительная мысль акцентируется на интенсивном освоении подземного пространства и характеризуется возрастающей нагрузкой на грунтовую толщу ввиду увеличения этажности возводимых зданий и сооружений. В условиях как точечной, так и площадной застройки урбанизированных территорий грунтовые условия смежных участков претерпевают определенные изменения, выраженные в изменении значений физико-механических свойств грунтов. Ввод коэффициентов надежности по грунту минимизирует возможные негативные последствия сопредельного освоения территорий. Однако в современных условиях градообразования возникает необходимость учета динамики свойств грунтов во времени и в пространстве.

Задача расчета динамики физико-механических свойств грунтовой толщи в пространстве и во времени решается методом ввода периодов инженерно-геологических изысканий и определения в каждом из них нормативных значений физико-механических свойств грунтовой толщи. В несколько ином, упрощенном