

тепломассопереносом за счет отепляющего перетока пластовых вод из более глубоких горизонтов.

### *Литература*

1. Зимин Ю.Г., Конторович А.Э., Швыдкова Л.И. Геотермическая характеристика мезозойских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология и геофизика, 1967. № 5. С. 3-13
2. Курчиков А.Р. Геотермические и гидрогеологические показатели нефтегазоносности Западно-Сибирского бассейна // Мат. Междун. научн. конф. к 100-летию со дня рожд. академика Г.В.Богомолова «Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии». т.1, Минск: 2005. С.262-264.
3. Курчиков А.Р. Гидрогеологические критерии нефтегазоносности // М.: изд-во «Недра», 1992. 229 с.
4. Маврицкий Б.Ф. Западно-Сибирский артезианский бассейн // Гидрогеология, геотермия, палеогидрогеология: Тр. лаб. гидрогеол. Проблем им. Ф.П. Саваренского // М., 1962. Т. 39. 176 с.
5. Новиков Д.А., Лепокуров А.В. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений на структурах южной части Ямало-Карской депрессии // Геология нефти и газа, 2005. № 5. С. 24-32.
6. Садыкова Я.В. Палеогидрогеологические предпосылки нефтегазоносности верхнеюрских отложений южных районов Обь-иртышского междуречья: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук // Новосибирск: изд-во «ИНГГ СО РАН», 2012. – 226 с.
7. Ставицкий Б.П., Сергиенко С.И., Гинсбург Г.Д. Интерпретация результатов исследования геотемпературного поля в осадочном чехле Западно-Сибирской плиты // Нефть и газ Тюмени. Вып. 8 // Тюмень, 1970 г. С. 16-19.

## ОЦЕНКА БАРРАЖНОГО ЭФФЕКТА СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ТОМСКА

В.Д. Покровский

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

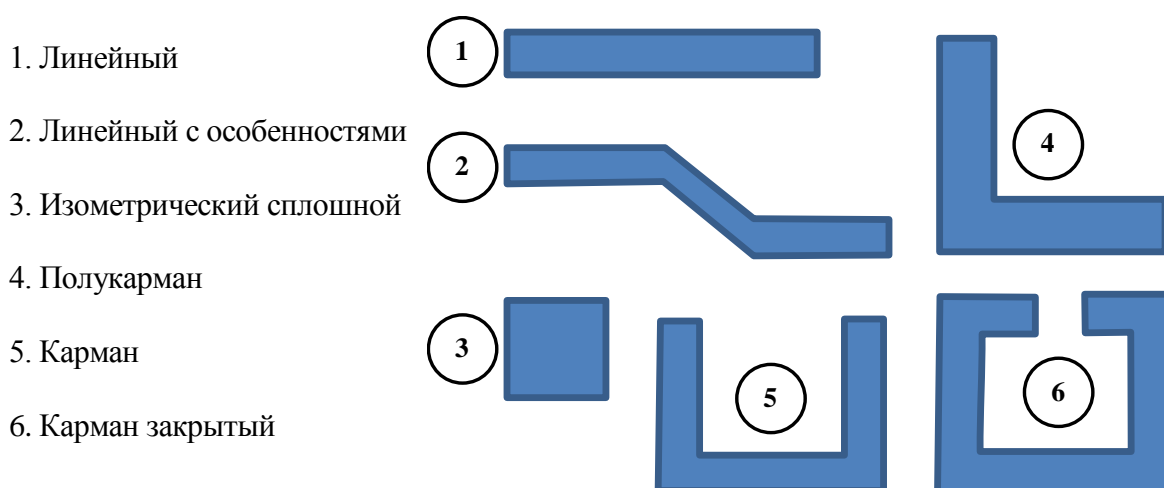
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
E-mail: vdr@tpu.ru*

**Аннотация.** В представленной работе показаны результаты численного моделирования барражного эффекта для урбанизированных территорий с использованием программного комплекса PMWIN. Были определены типовые схемы фильтрационного разреза, систематизированы формы свайных оснований и определены изменения уровней грунтовых вод в зависимости от ориентировки контура фундамента по отношению к фильтрационному потоку.

**Abstract.** In the presented work results of urbanized areas barrage effect modeling with using PMWIN software are shown. Typical scheme filtration sections were identified. Piles substructure and changes in groundwater levels, depending on the orientation of the foundation contour of the filtration flow were determined.

В пределах городской территории к наиболее трудно прогнозируемым относятся задачи развития подтопления за счёт проявления барражного эффекта свайных оснований. Описание простейших расчётных схем для аналитических решений известно по работам А.Ж. Муфтахова, которые нашли своё обобщение в пособии к СНиП по подтоплению [2, 3, 4]. Обзор освоенных участков городской территории в кварталах высокоэтажной современной застройки позволяет систематизировать форму свайных оснований (рис. 1).

В качестве инструментального средства моделирования нами использованы возможности программного комплекса PMWIN.



*Рис. 1. Типы свайных оснований*

При ограниченном наборе типовых форм свайных оснований возникает целое семейство расчётных схем в случае различных ориентировок контура фундамента по отношению к направлению фильтрационного потока. Их многообразие возрастает при совместной внутриквартальной компоновке однотипных или разнотипных фундаментов.

Нами проведена количественная оценка возможного роста уровней подземных вод за счёт проявления барражного эффекта свайных оснований. Поскольку подобное взаимодействие подземных вод с искусственной преградой предполагает искажение линий тока и формирование сложной формы фильтрационного потока, то для оценки изменения уровней целесообразно применять методы численного моделирования гидрогеологических условий.

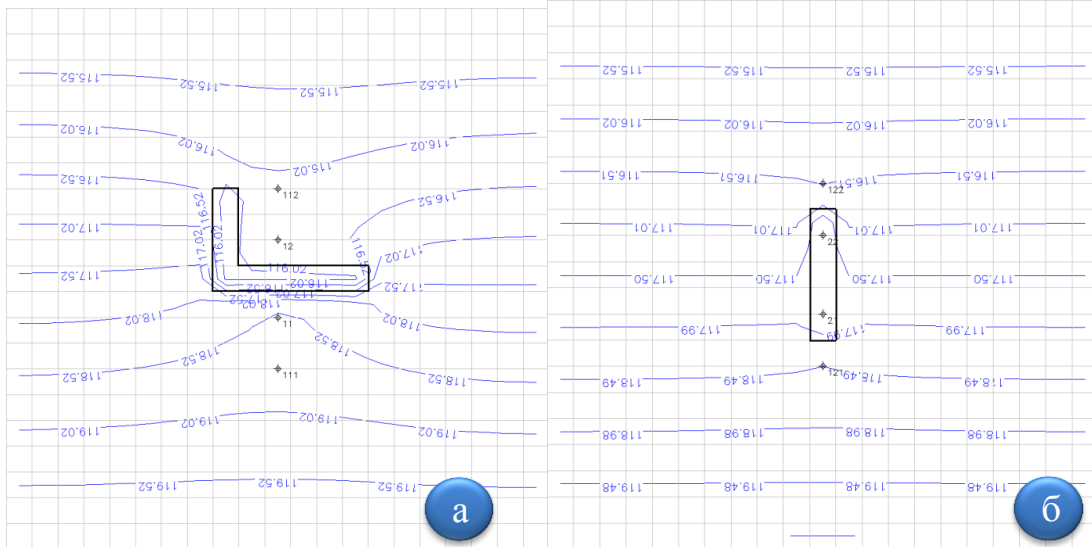
Все локальные модели имеют трёхслойное строение до глубины 21 м по аналогии со строением типовых фильтрационных разрезов. Однако, в составе модели предусмотрено более дробное (пятислойное) деление верхнего водонасыщенного и полупроницаемого слоёв для возможности задания водонесущих коммуникаций на глубине 3 м и свай длиной 9 м. Результаты численного моделирования влияния различных по форме в плане типов свайных оснований отражены графически (некоторые результаты в качестве примеров показаны на рисунке 2 и в таблицах 1 - 2).

Для определённости модельное распределение гидроизогипс показано для второго слоя модели, который занимает положение над поверхностью раздельного полупроницаемого горизонта.

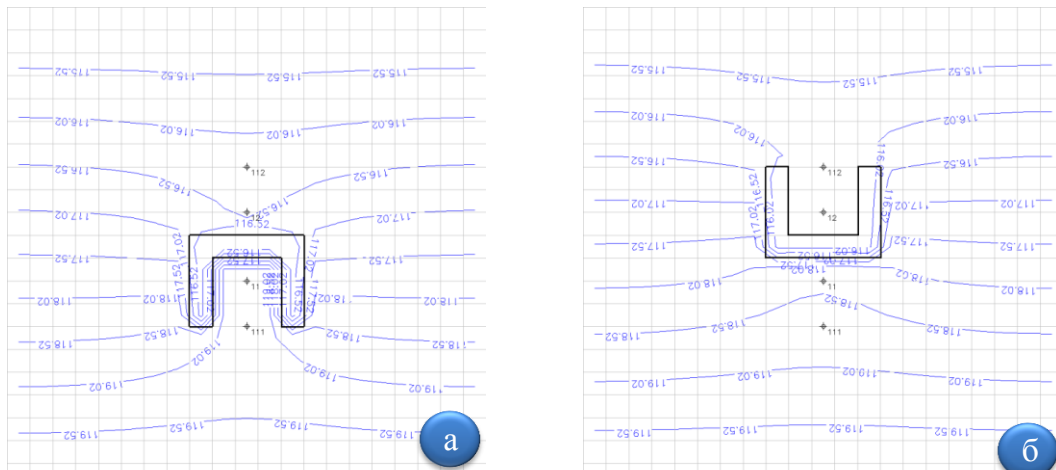
Полученные результаты моделирования позволяют обоснованно судить о тех особенностях и различиях изменения гидрогеологических условий, которые сопровождают строительство зданий на разных типах свайных оснований.

В условиях трёхслойного фильтрационного гидрогеологического разреза, когда свайное поле по глубине не выходит за пределы полупроницаемого раздельного слоя, в нижнем водоносном горизонте изменений уровней подземных вод не происходит [5]. Об этом свидетельствует отсутствие разницы напоров в условиях естественного и искусственных потоков по всех типах свайных фундаментов (скв. №№ 51, 52, 151, 152, табл. 1).

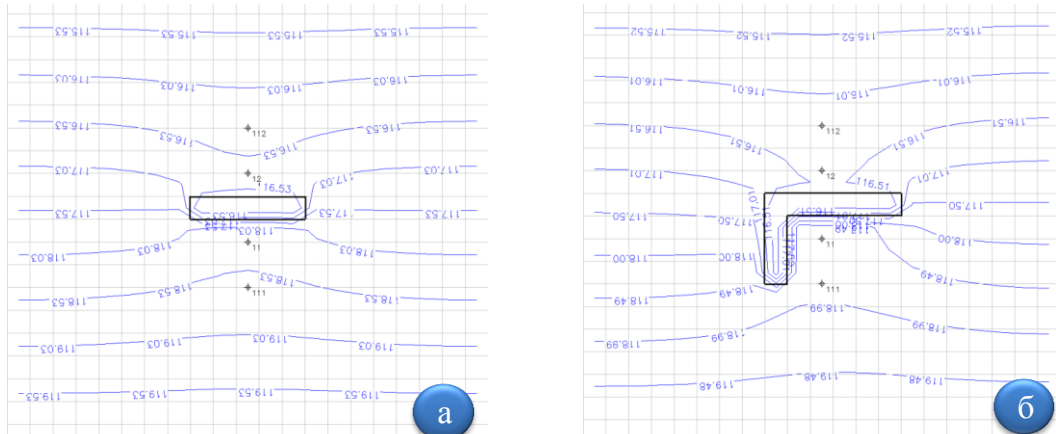
I



II



III



**Рис. 2. Результаты моделирования воздействия свайных фундаментов на структуру фильтрационного потока:**

**I - линейный тип свайного фундамент (а – длинная сторона навстречу потоку; б – короткая сторона навстречу потоку); II - фундамент типа «карман» (а – выступы навстречу потоку; б – выступы по потоку); III - фундамент типа «полукарман» (а – выступ по потоку; б - выступ навстречу потоку)**

Таблица 1

**Разница модельных напоров по наблюдательным скважинам в естественных и нарушенных условиях, м**

Слой	№ скв	Типы свайных фундаментов по форме в плане							
		«линейный»		«карман»		«полукарман»			
		Ширина по потоку	Длина по потоку	Выступы навстречу потоку	Выступы по потоку	Выступ по потоку	Выступ навстречу потоку	Вершина навстречу потоку	Вершина по потоку
1	11	0,53	-0,91	1,21	0,62	0,67	0,89	-0,07	1,33
	12	-0,53	-0,17	-0,62	-1,21	-0,89	-0,67	-1,13	-0,67
	111	0,28	0,13	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,85
	112	-0,28	-0,13	-0,36	-0,72	-0,54	-0,39	-0,69	-0,41
2	21	0,53	-1,75	1,20	0,62	0,67	0,89	-0,50	1,33
	22	-0,53	-1,18	-0,62	-1,20	-0,89	-0,67	-1,13	-0,73
	121	0,28	0,33	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,86
	122	-0,28	-0,33	-0,36	-0,72	-0,53	-0,39	-0,69	-0,45
3	31	0,23	0,33	0,50	0,28	0,30	0,39	0,29	0,44
	32	-0,32	0,70	-0,37	-0,76	-0,55	-0,40	-0,71	-0,39
	131	0,13	0,02	0,27	0,16	0,18	0,22	0,19	0,25
	132	-0,17	-0,15	-0,22	-0,48	-0,34	-0,24	-0,45	-0,24
4	41	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	42	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01
	141	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	142	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Примечание: первая цифра в двухзначном и вторая цифра в трёхзначном номере скважины соответствует номеру модельного слоя; в пятом модельном слое изменения отсутствуют

Особенностью проявления барражного эффекта является не только повышение изменение уровней подземных вод со стороны набегающего фильтрационного потока, но и одновременное падение уровней за непроницаемой преградой по сравнению с естественными условиями (табл. 2). Почти во всех рассмотренных случаях амплитуда таких изменений превышает величину одного метра, достигая максимума более двух метров.

Таблица 2

**Амплитуда разрыва уровней подземных вод по разные стороны фильтрационной преграды**

Слой	№ скв	Типы свайных фундаментов по форме в плане							
		«линейный»		«карман»		«полукарман»			
		Ширина по потоку	Длина по потоку	Выступы навстречу потоку	Выступы по потоку	Выступ по потоку	Выступ навстречу потоку	Вершина навстречу потоку	Вершина по потоку
2	21	0,53	-1,75	1,20	0,62	0,67	0,89	-0,50	1,33
	22	-0,53	-1,18	-0,62	-1,20	-0,89	-0,67	-1,13	-0,73
	121	0,28	0,33	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,86
	122	-0,28	-0,33	-0,36	-0,72	-0,53	-0,39	-0,69	-0,45
Амплитуда		1,06	0,66	1,82	1,82	1,56	1,56	1,61	2,06

Примечание: выделены ячейки, принятые в расчёт амплитуды с учётом особенностей формы свайного основания.

Среди рассмотренных форм свайных фундаментов наиболее сильным воздействием на фильтрационный поток обладают типы «карман» и «полукарман», которые способны вызвать даже в проницаемых породах с коэффициентом фильтрации 3 м/сут рост уровня на 1,2 м и 1,3 м соответственно. Моделирование показывает, что только за счёт выбора оптимальной ориентировки свайного поля по отношению к направлению фильтрационного потока прогнозируемое повышение уровня можно снизить почти в два раза до 0,62 м и 0,67 м соответственно (табл. 2).

Опираясь на материалы моделирования, можно утверждать, что минимальным уровнем воздействия на структуру фильтрационного потока обладают такие фильтрационные преграды, ось которых в плане прямолинейна [1]. Максимальный рост уровней подземных вод способны вызвать фильтрационные преграды с одним и двумя изменениями направления их продольной оси под углом в 90 градусов, образующими полузакрытую форму.

Полученные результаты дают только общее представление о возможностях прогноза изменения уровней подземных вод. Отметим, что учёт дополнительного питания может существенно изменить полученные оценки роста уровней подземных вод [6]. Однако, приведённых примеров вполне достаточно для обоснования необходимости учета регионального направления фильтрационных потоков на всех этапах разработки проектов районной планировки городских кварталов.

### **Литература**

1. Кузеванов К.И., Савичев О.Г., Решетько М.В. Математическое моделирование процессов в компонентах природы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 144 с.
2. Муфтахов А.Ж. Гидродинамические основы прогноза подтопления промплощадок и фильтрационные расчеты защитного дренажа в сложных гидрогеологических условиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1975. – 44 с.
3. Пособие к СНиП 2.06.15–85 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. [Электронный ресурс]. URL: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/2/2697/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2697/), свободный
4. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 20 с.
5. Pokrovsky V D, Dutova E M, Kuzevanov K I, Pokrovsky D S and Nalivaiko N G. Hydrogeological Conditions Changes of Tomsk, Russia. –IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 27 012031, 2015
6. Pokrovsky V., Pokrovsky D., Dutova E., Nikitenkov A., Nazarov A. Degree of areal drainage assessment using digital elevation models. Institute of Physics Publishing. – Scopus: 2 – s2.0 – 84906952928. ISSN/ISBN: 17551307