

## **ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВОГО ПОТОКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОМПЛОЩАДКИ**

**А.В. Шилова, Т.Г. Ковалева**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.  
E-mail: shilova-av@yandex.ru, kovalevatg@mail.ru

Территория промышленных предприятий претерпевает значительные техногенные преобразования, что влечет за собой ряд негативных последствий, одним из которых является повышение риска возникновения аварий и катастроф в связи с активизацией геологических процессов. С целью оценки опасности их развития очевидна необходимость комплексного изучения состояния геолого-гидрогеологической среды в пределах локализации производства [3].

В данной работе исследовался район в пределах промплощадки, расположенной в г. Березники (Пермский край), как наиболее показательный с точки зрения преобразования геологической среды и проявления факторов опасности. Под факторами опасности понимаются проявления геологических процессов, выраженные в форме различного рода нарушений и деформаций на поверхности земли и в толще пород, а также участки локализации техногенных аварий, связанных с нарушением нормальной работоспособности существующих объектов [1].

В результате значительных техногенных преобразований территории промплощадки грунтовым основанием для фундаментов зданий и сооружений может являться толща четвертичных покровных отложений, которая представлена практически всеми разновидностями – от крупнообломочных окатанных и неокатанных до тонкодисперсных глинистых и органоминеральных грунтов. Развитие несвязных песчаных отложений в основании фундаментов зданий и сооружений является предпосылкой возможного возникновения суффозионного процесса. В результате активизации суффозии образуются провалы на поверхности и полости – в толще грунтового массива [2]. Одним из оптимальных условий для возникновения и развития суффозионных полостей в слоистой толще является возникновение в некотором объеме пород гидродинамического давления, определяемого фильтрационным потоком, которое должно превысить по значению эффективное напряжение внутри массива, обеспечивающее его относительную стабильность. Относительно высокое гидродинамическое давление в фильтрационном потоке возникает в случае чередования слоев с разной проницаемостью – относительно слабопроницаемые отложения оказывают значительное сопротивление движению в них воды, а как результат в фильтрационном потоке возникают гидродинамические силы – гидродинамическое давление.

Именно наличие фильтрационного потока подземных вод в дисперсных отложениях с высокой и неоднородной поровой проницаемостью обуславливает возникновение сдвигающего силового воздействия.

На первых этапах исследований детально изучались грунтовые условия отложений четвертичной покровной толщи. Для этого, в пределах изучаемой территории были собраны и систематизированы данные инженерно-геологических изысканий и исследований за последние 60 лет. В результате систематизации материалов был составлен каталог, включающий более 1100 горных выработок (скважины, шурфы, точки зондирования), 2087 проб грунтов, 178 проб воды. По этим данным был произведен предварительный анализ инженерно-геологического и гидрогеологического строения площадки.

В данной работе осуществлена попытка моделирования грунтового потока в пределах промплощадки. Моделирование подземного грунтового потока осуществлено посредством ESRI ArcGIS 10 (модуль Spatial Analyst) с использованием встроенной процедуры «Darcy Flow». Данная процедура ориентирована на моделирование плоского потока грунтовых вод, напор которых не зависит от глубины положения зеркала. Рассчитываемая модель подземного потока базируется на законе ламинарной фильтрации Дарси.

Исходными параметрами для построения модели подземного потока служат следующие показатели:

- уровень подземных вод, м;
- мощность обводненной грунтовой толщи, м;
- эффективная пористость грунтов, д.е.;
- коэффициент фильтрации грунтов, м/сут.

Значения коэффициентов фильтрации грунтов в основном получены в результате лабораторных исследований, часть фильтрационных параметров взята из результатов откачек и литературных источников основных встречающихся на исследуемой территории разновидностей грунтов. Значения пористости грунтов получены в результате лабораторных исследований.

Согласно закону фильтрации Дарси удельный расход  $q$ , м<sup>3</sup>/сут, (или скорость фильтрации  $V$ , м/сут, при единичной площади сечения) водного потока определяется исходя из условия:

$$q = -K_{\phi} I \quad (1)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, м/сут.;  $I$  – напорный градиент потока, д.е. (или %).

Закон Дарси также может быть выражен через расход грунтового потока  $U$  единичной ширины:

$$U = -TI \quad (2)$$

где  $T$  – коэффициент проницаемости, сут<sup>-1</sup>, определяемый по формуле:

$$T = K_{\phi} \cdot b \quad (3)$$

где  $b$  – мощность водонасыщенной толщи грунтов, м.

Последняя запись закона Дарси применима только для субгоризонтальных ламинарных потоков, напор которых не зависит от глубины.

Действительная скорость фильтрации  $V$ , м/сут, грунтовых вод определяется с учетом эффективной пористости среды  $n$ :

$$V = \frac{q}{n} = -\frac{K_{\phi} I}{n} = -\frac{TI}{bn} \quad (4)$$

Расчетная модель, заложенная в модуль Spatial Analyst программного комплекса ESRI ArcGIS 10, позволяет осуществлять автоматизированный расчет расходов по вышеприведенным формулам. Результатом такого расчета являются площадные растровые модели, отражающие разницу расходов между соседними ячейками растра, а также градиенты напора и направления потока в каждой точке модели (рис. 1-3).

Таким образом, при совмещении полученных схем распределения грунтового потока на территории предприятия с факторами опасностями видно, что техногенные аварии, промоины и полости, осадка земной поверхности тяготеют к старому руслу реки Зырянки, где фиксируется явный перепад грунтовых вод.

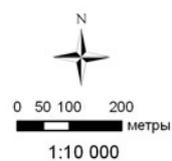
Природные факторы связаны с развитием суффозионного процесса и постепенным ослаблением грунтов в зоне преимущественного гидродинамического влияния Камского водохранилища, а также наложенным второстепенным дренирующим влиянием погребенного русла р. Зырянка.

Процесс фильтрационного разрушения грунтов относится к процессу открытой присклоновой механической суффозии, условия возникновения которой, определяются наличием склонов, любого структурного сложения и наличием разгрузки подземных вод в виде нисходящих источников. Именно наличие фильтрационного потока подземных вод в дисперсных отложениях с высокой и неоднородной поровой проницаемостью обуславливает возникновение сдвигающего силового воздействия. При этом, возникающее полное или частичное фильтрационное разрушение пород является неизбежным следствием действия данного потока.

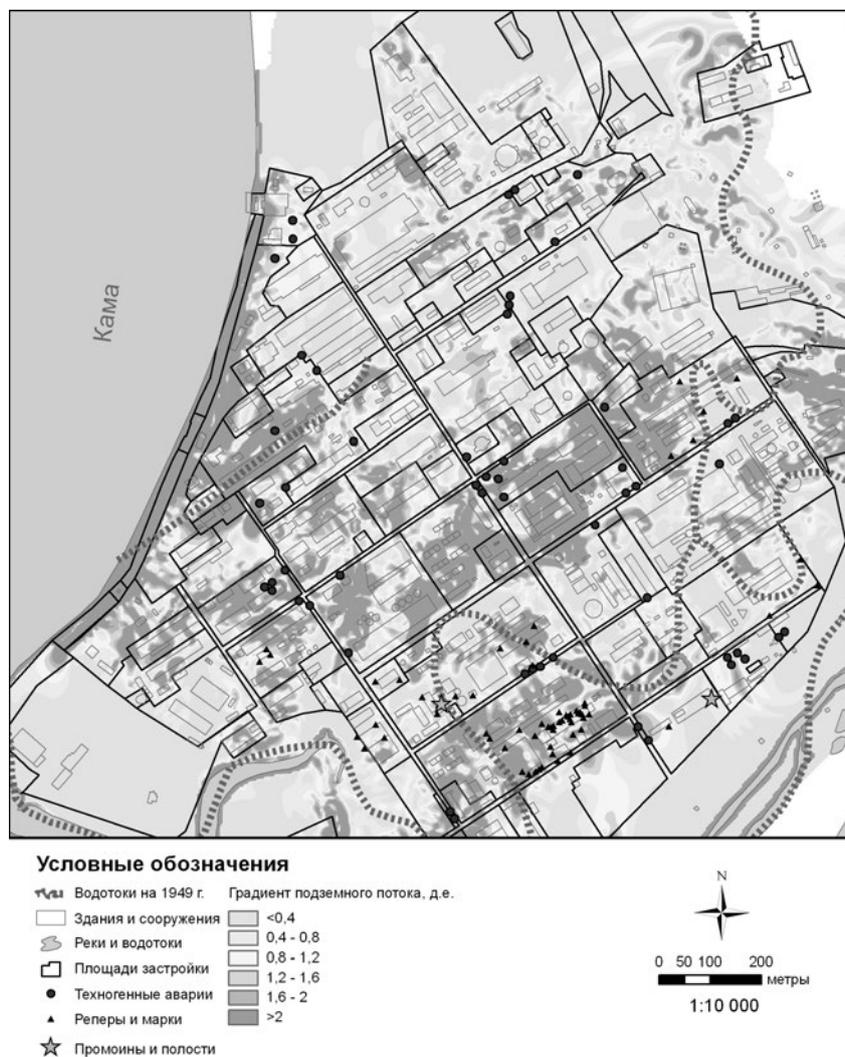


**Условные обозначения**

- |                     |   |
|---------------------|---|
| Водотоки на 1949 г. | Уд. расход грунтового потока (кв. м/сут) подземного потока в дифференциальной форме |
| Здания и сооружения | избыточный расход (менее -20)   |
| Реки и водотоки     | установившийся поток (-20 - 20)   |
| Площади застройки   | аккумуляция массы (более 20)  |
| Техногенные аварии  |   |
| Реперы и марки      |   |
| Промоины и полости  |   |



**Рис. 1. Удельный расход грунтового потока на территории предприятия**



**Рис. 2. Изменчивость градиента подземного потока на территории предприятия**



**Рис. 3. Направление подземного потока на территории предприятия**

## Литература

1. Катаев В.Н., Шилова А.В. Оценка опасности проявления геологических процессов в зависимости от грунтовых условий // Сергеевские чтения Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты). Молодежная конференция. Выпуск 15. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013 г.). – М.: РУДН, 2013. С. 144-148. (495 с.)
2. Щербатов С.В. Прогнозирование устойчивости сооружений в зависимости от суффозионности грунтов // Трофимукские чтения – 2013: матер. Всерос. молод. науч. конф. с участ. иностр. ученых. Новосибирск, 8-14 сентября 2013 г. Новосибирск, 2013. – С. 584-586.
3. Shilova A.V. The assessment of hazard of geological processes depending on the ground conditions at Berezniki (Permsky kray, Russia) // Global View of Engineering Geology and the Environment: proceeding of the International symposium and 9th Asian Regional conference of IAEG, Beijing, China, 23-25 September 2013. CRS Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, UK, 2013. P. 185-188.

## МИНЕРАЛЬНЫЙ И ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВ г. БЛАГОВЕЩЕНСКА

Д.В. Юсупов<sup>1</sup>, В.А. Степанов<sup>2</sup>, В.И. Радомская<sup>3</sup>,  
Л.М. Павлова<sup>3</sup>, Н.В. Трутнева<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634034, г. Томск, ул. Ленина, д. 30. E-mail: yusupovd@mail.ru

<sup>2</sup> Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,  
683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30.  
E-mail: vitstepanov@yandex.ru

<sup>3</sup> Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, Амурская область,  
г. Благовещенск, пер. Релочный, д. 1. E-mail: radomskaya@ascnet.ru, pav@ascnet.ru

<sup>4</sup> Амурский государственный университет, 675027, Амурская область, г. Благовещенск,  
Игнатьевское шоссе, д. 21. E-mail: trutnevanv@mail.ru

**Введение.** Обеспечение безопасности проживания населения на территории городов, повышение качества жизни, придание городам дополнительных функций, создание новой градостроительной политики развития и управления городами являются директивными задачами государственной Концепции перехода Российской Федерации к модели устойчивого развития.

Город Благовещенск – единственный административный, промышленный и культурный центр России, который расположен на государственной границе. Территория города и области сопряжена с северо-восточной частью КНР – провинцией Хэйлунцзян с численностью населения около 40 млн. человек.

Комплексные эколого-геохимические исследования и геохимическое картирование на территории города Благовещенск проводились последний раз в 1990-1992 гг. За четверть века произошли существенные изменения в