

О Т З Ы В

официального оппонента о диссертации Фомина Юрия Владимировича

**«Нелинейные эффекты волновой интрузии морских вод в береговые подземные горизонты приливного моря»,**

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

Диссертация Фомина Ю.В. посвящена изучению механизма интрузии морской воды в водоносные горизонты берега в условиях приливного моря. Подробно рассмотрен так называемый эффект накачки, проявляющийся в подъеме среднего уровня грунтовых вод по сравнению со средним уровнем воды в море. В диссертации Фомина Ю.В. фильтрация морской воды в проницаемые горизонты берега изучена в натурном эксперименте на полигоне на о. Шпицберген, а также теоретически и в рамках лабораторного эксперимента. Автор выявил влияние формы профиля берега на эффект накачки, получил соответствующие теоретические оценки, сопоставил расчетные результаты с данными экспериментов.

**Актуальность** темы диссертации Фомина Ю.В. обусловлена тем, что явление интрузии морских вод в водоносные прибрежные горизонты рассматривается как один из негативных факторов, влияющих на запасы пресной воды в прибрежных зонах. В настоящее время прибрежные зоны характеризуются как высокой плотностью населения, так и более высокими темпами прироста населения, высокими темпами урбанизации. Проблему интрузии морской соленой воды изучают в США, Австралии, Мексике, Омане и др. странах.

Диссертация Фомина Ю.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. **Во введении** автор привел обстоятельный обзор работ по теме исследования, обосновал актуальность выбранной темы, сформулировал цели и задачи диссертации.

**В первой главе** диссертации описан натурный эксперимент по изучению интрузии морской воды в прибрежные горизонты, который проводился на исследовательском полигоне г. Лонгирбюен на о. Шпицберген, Норвегия. Полученные экспериментальные данные автор диссертации использовал для оценки фильтрационных характеристик прибрежной зоны.

**Во второй главе** диссертации дана формулировка математической модели, описывающей интрузию морской воды в береговые подземные горизонты. Автор рассмотрел уравнение Буссинеска для изучения эволюции свободной поверхности воды при ее фильтрации в пористой среде берега. Колебания уровня воды в море задавались гармонической зависимостью. Для построения приближенных решений нелинейного уравнения Буссинеска автор использовал метод разложения в степенные ряды. Такой подход позволил ему во второй главе диссертации получить оценки для стационарной и волновой компонент изменения уровня воды в грунте, вызванного интрузией морской воды. Из полученных оценок следует, в частности, что стационарная составляющая изменения уровня воды в грунте складывается из части, зависящей от параметров профиля берега (которую автор назвал «профильный пампинг»), и части, не зависящей от таких параметров («базовый пампинг»). Данный результат можно считать ключевым новым результатом, полученным в диссертации.

**В третьей главе** диссертации по аналогии с подходами, использованными во второй главе, рассмотрена математическая модель интрузии морской воды в случае ограниченного водоносного слоя. За счет удачного преобразования координат в исходных уравнениях автору удалось и в этом случае получить в аналитическом виде приближенное выражение для стационарной части изменения уровня грунтовых вод вследствие интрузии

морской воды. При этом в третьей главе показано, что для исследовательского полигона на о. Шпицберген вместо модели с конечным водоносным слоем допустимо использовать модель с бесконечным водоносным слоем, рассмотренную во второй главе диссертации.

**Четвертая глава** диссертации посвящена лабораторному эксперименту в ИВП РАН, в котором проводилось моделирование эффекта накачки. В лабораторном эксперименте процесс интрузии рассматривался как для вертикального берега, так и в случае уклона в  $45^\circ$ . Анализируя экспериментальные данные, автор делает вывод о качественном соответствии результатов, предсказанных теоретически и полученных в лаборатории.

В **заключении** автором сформулированы основные выводы, которые можно сделать из полученных в диссертации результатов.

Таким образом, диссертация Фомина Ю.В. представляет собой полноценное, завершенное научное исследование, выполненное на высоком уровне и посвященное актуальной теме.

Автореферат диссертации Фомина Ю.В. по содержанию соответствуют тексту диссертации и дает исчерпывающее представление о самой работе.

**Новизна** полученных в диссертации Фомина Ю.В. результатов заключается в построении приближенных аналитических выражений для оценки изменений уровня воды в грунте, вызванных интрузией морской воды, в двух случаях – в случае бесконечного водоносного горизонта и конечного водоносного горизонта. При этом автором показано, что выражение для уровня грунтовых вод содержит часть, зависящую от формы профиля берега. Для выявленной зависимости введен термин – «профильный пампинг». Для полученных в диссертации приближенных оценок уровня воды в грунте установлены условиях их применимости. Расчетные значения уровня воды, выполненные на основе предложенных в диссертации выражений, сопоставлены с результатами, полученными в лабораторном эксперименте; показано качественное соответствие теоретических и экспериментальных результатов.

**Теоретическая и практическая значимость результатов** обусловлена тем, что полученные в диссертации приближенные выражения для оценки уровня воды в грунте могут быть использованы для расчета изменений уровня грунтовых вод следствие интрузии морской воды в конкретных региональных задачах, а также для интерпретации результатов лабораторных экспериментов по изучению эффекта накачки.

**Достоверность и обоснованность** теоретических результатов диссертации обусловлена представленными в тексте диссертации подробными математическими выводами, допускающими проверку. Выбор приближений, использованных автором при построении аналитических выражений во второй и третьей главах диссертации, обоснован расчетами, выполненными на основе реальных данных (данные получены на исследовательском полигоне на о. Шпицберген, а также взяты из научной литературы). Достоверность теоретических результатов диссертации подтверждена результатами выполненного лабораторного эксперимента, описанного в четвертой главе диссертации.

В то же время следует привести ряд **замечаний** к диссертации и автореферату диссертации Фомина Ю.В.:

1. В тексте автореферата даны ссылки на работы других исследователей, однако не приведен библиографический список этих работ, что делает их поиск крайне затруднительным для читателя.
2. Общее замечание к тексту автореферата и диссертации – в тексте содержится заметное количество опечаток, пунктуационных ошибок и недочетов, связанных с оформлением формул в тексте.
3. В тексте диссертации на стр.25 – в формуле (1) введен угол наклона береговой линии  $\alpha$ , однако на рис.1.1 он не показан, что затрудняет восприятие дальнейших выкладок.

4. В тексте диссертации на стр.25—27 – дано описание стандартных, широко известных методов обработки экспериментальных данных (формула «сглаживания» методом скользящего среднего, формулы регрессии), что можно было бы сократить, оставив ссылки на соответствующую литературу.
5. В тексте диссертации на стр.28 – указано, что «по сглаженным данным вычислялся период колебаний давления грунтовых вод и подбирался тот метод, который в среднем по всем датчикам давал наиболее близкий к периоду  $M_2$  (полусуточная волна)», при этом отсутствует аргументация, в чем физическое обоснование именно такого выбора.
6. В тексте диссертации на стр.29 – целесообразно было бы привести на рис.1.3 не только «сглаженные» данные, но и исходные экспериментальные данные, чтобы можно было хотя бы визуально оценить различие данных до и после обработки; также на рис.1.3 не указаны физические величины по осям, что делает рисунок «слепым».
7. В тексте диссертации на стр.31 – рис.2.1 повторяет рис.1.1 со стр.22.
8. В тексте диссертации на стр.32 – в нижней на странице формуле без номера для скорости фильтрационного течения пропущен знак минус, в частности ниже, на стр.33 в формуле (3) нужный знак появляется.
9. В тексте диссертации на стр.34 – на рис.2.2 вместо отметки  $D$  присутствуют две точки  $B$ , что затрудняет дальнейшее восприятие.
10. В тексте диссертации на стр.36 – в формуле (9) изменены обозначения частных производных (первого порядка по времени и второго по координате), что больше нигде не используется по тексту.
11. В тексте диссертации на стр.37 – в формулах (12) и (13) введено «волновое число», которое обозначено  $k$ , что неудачно, т.к. выше на стр.32 так обозначена проницаемость.
12. В тексте диссертации на стр.47 – в нижнем на странице абзаце сформулировано, что с удалением от берега компонента  $h_l^s(\tilde{x})$  изменения уровня воды не затухает, а выходит в пределе на постоянное значение. В чем физическая интерпретация полученного результата?
13. В тексте диссертации на стр.60 – на рис.2.6 точка (1,1) не лежит на прямой  $\beta = 0,5$ , как это утверждается в подписи к данному рисунку.
14. В тексте диссертации на стр.71 – приведенное в формуле без номера в середине страницы условие  $Q(L_0) = P(L_0) = 0$  не является необходимым (как это утверждает автор диссертации), а является достаточным для  $\left. \frac{\partial h_0}{\partial X} \right|_{X=L_0} = 0$ .
15. В тексте диссертации на стр.82 – во второй формуле без номера сверху страницы коэффициент фильтрации назван коэффициентом проницаемости.
16. В тексте диссертации на стр.82 – во втором абзаце снизу страницы записано, что расчетная оценка коэффициента фильтрации была получена по теории идеальных грунтов, хотя до этого приведен расчет по формуле Козени–Кармана для фиктивного грунта.
17. Общее замечание по диссертации – в настоящее время в мире для изучения процессов взаимодействия поверхностных и подземных вод все больше используют вычислительный эксперимент. Автор диссертации получает аналитические выражение для оценки изменений уровня грунтовых вод вследствие интрузии морской воды, что, безусловно, является ценным результатом. Однако отсутствие упоминаний в диссертации о современных численных исследованиях представляется неоправданным.

Указанные замечания, однако, не являются принципиальными и не снижают научной и практической важности диссертации.

Основное содержание и результаты диссертации отражены в шести опубликованных работах, в том числе в двух статьях в изданиях, входящих в список ВАК.

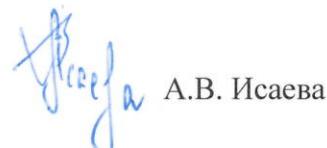
Содержание диссертации соответствует специальности 25.00.27 («Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия») по физико-математическим наукам, а именно п.1, 3, 5 и 12 паспорта специальности.

Таким образом, диссертация Фомина Ю.В. отвечает требованиям ВАК РФ, является законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальной теме, выполненной на высоком научном уровне, в которой автор получил ряд новых результатов.

Автор диссертационной работы Фомин Юрий Владимирович заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

**Официальный оппонент:**

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры физики Земли физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова



A.B. Исаева

**Сведения об официальном оппоненте:**

ФИО: Исаева Анна Вячеславовна

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра физики Земли

Должность: доцент

Рабочий адрес: 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Телефон: +7 (905) 790-35-76

E-mail: avisaeva@gmail.com

Декан физического факультета МГУ,  
профессор



Н.Н. Сысоев