

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу
Фомина Юрия Владимировича
«Нелинейные эффекты волновой интрузии морских вод в береговые
подземные горизонты приливного моря»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 25.00.27 - "Гидрология суши, водные
ресурсы, гидрохимия "

Диссертационная работа Фомина Ю. В. посвящена теоретическому исследованию и лабораторному моделированию механизмов фильтрации морской воды в водоносный горизонт берега приливного моря. Интрузия морской воды в водоносные пласты рассматривается как одна из серьезных глобальных проблем, связанных с истощением запасов пресной воды в грунте, и один из факторов риска для прибрежных экосистем. Эти и многие другие факторы обуславливают актуальность исследований, связанных с выявлением механизмов интрузии или фильтрации морской воды в береговые подземные горизонты.

Диссертационная работа состоит из Введения, 4-х глав и Заключения.

Во **Введении** автор дал обстоятельный обзор работ по тематике диссертации и определил место своей работы среди значительного количества проведенных к настоящему времени исследований, начиная от классических работ по теории движения грунтовых вод в пористых средах до современных прикладных и фундаментальных исследований по теории фильтрации. На основании обзора четко сформулированы цели и задачи диссертационной работы, связанные, прежде всего с изучением нелинейных эффектов при интрузии вод в водоносный горизонт прибрежной зоны.

приливного моря методами математического анализа и лабораторного моделирования. Отличительной особенностью диссертации является решение задачи приливной интрузии с произвольным профилем берегового склона

В числе важнейших преимуществ настоящей работы следует отметить то, что все расчеты работы проводились при реалистичных значениях фильтрационных параметров, которые оценивались на основе измерений в натурном эксперименте на исследовательском полигоне на о. Шпицберген (Норвегия). Описание этого эксперимента, методик и результатов обработки его данных представлены в **первой главе** диссертации.

Вторая и третья главы занимают центральное место в диссертации. **Во второй главе** автор выводит основные уравнения математической модели фильтрации морской воды в водоносный горизонт прибрежной зоны приливного моря для случая полубесконечного водоносного горизонта. Здесь автор использует переход в неинерциальную систему координат, движущуюся вместе с подвижной границей уреза воды на береговом склоне. Значительная часть главы посвящена решению полученной граничной задачи методом возмущений и анализу результатов. При этом для случая приливного моря показано, что за счет асимметрии нагрузки и разгрузки водоносного слоя возникает подъём среднего уровня грунтовой воды или «*pumping-effect*». При этом, помимо описанного в литературе «нелинейного пампинг-эффекта», обусловленного нелинейностью процесса фильтрации морской воды в водоносный слой и разгрузки обратно, автор предлагает новый механизм подъема уровня грунтовых вод, «*профильный пампинг-эффект*», который связан с формой берегового склона. В третьей главе диссертации задача нелинейной фильтрации морских вод решена для случая водоносного горизонта конечной ширины. Здесь хотелось бы отметить

остроумную форму преобразования координат, позволившую свести сложную для задачу с подвижными границами к задаче с граничными условиями в определенных точках пространства.

Основные замечания ко 2-й и 3-й главам диссертации связаны, во-первых, с формой представления функций, полученных при получении решений. Хорошо известно, что осциллирующие решения дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами значительно более компактно представляются в комплексном виде. Проведение выкладок в рамках метода возмущений и представление полученных результатов в рамках такого формализма было бы значительно менее громоздким и более прозрачным. Второе замечание касается стационарного решения, которое определяет основной эффект, повышение уровня грунтовых вод при волновой фильтрации. Следует отметить, что соответствующее среднее получено в неинерциальной системе отсчета, движущейся вместе с подвижным урезом воды. В то же время, с практической точки зрения важно знать уровень грунтовых вод в покоящейся системе отсчета, связанной с берегом. При определении положения среднего уровня грунтовых вод следовало бы в полученных решениях перейти в покоящуюся систему отсчета и после этого произвести осреднение по периоду приливных колебаний. Поскольку зависимость решений от пространственной координаты нелинейная, то возможны отличия от решений, полученных в движущейся системе координат.

В четвертой главе диссертации описан лабораторный эксперимент, целью которого является экспериментальное подтверждение возникновения эффекта подъёма среднего уровня воды водоносного горизонта прибрежной зоны приливного моря и проверка количественных оценок, полученных в

теоретической части работы. Следует отметить блестящее подтверждение модели нелинейного "пампинг-эффекта" для случая вертикального берегового откоса. Отличия в подъеме уровня воды, предсказанном моделью и измеренном в эксперименте, возможно, связано с указанной выше особенностью осреднения полученных решений. А именно, теория предсказывает средний уровень воды в неинерциальной системе отсчета, а измерения проводятся в лабораторной системе.

Оценивая диссертацию в целом, следует отметить, что она представляет собой законченное теоретическое исследование нелинейных эффектов фильтрации морских вод в береговые подземные горизонты приливного моря. Работа содержит новое решение актуальной задачи гидрологии суши, связанной с изучением влияния приливных колебаний на интрузию морской воды в водоносные пласти, которое верифицировалось в специально поставленном лабораторном эксперименте. Диссертация содержит ряд новых результатов, которые могут быть использованы для оценки величины поднятия среднего уровня грунтовой воды в прибрежных зонах приливных морей. Следует отметить методически выверенный комплексный характер проведенного исследования, включающего в себя анализ данных натурного эксперимента, разработку математической модели и получение аналитического решения полученных уравнений, а также специально поставленный лабораторный эксперимент для верификации предсказаний модели. Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации. Основные результаты диссертации докладывались на научных семинарах и конференциях и опубликованы в ведущих научных журналах. Автореферат правильно отражает ее содержание.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор Ю.В. Фомин, безусловно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.27 - "Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия".

Официальный оппонент

Троицкая Юлия Игоревна,

доктор физ.-мат. наук,

старший научный сотрудник

Зав.отделом Нелинейных геофизических процессов

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики

Российской академии наук» (ИПФ РАН)

603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Телефон: 8314 36 82 97 (раб.), E-mail: yuliya@hydro.appl.sci-nnov.ru

Подпись Ю.И.Троицкой заверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН

K.Φ.-M.H.

Корюкин Игорь Валерьевич



22 сентября 2017 г.